

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 15.04.01 «Машиностроение»
Отделение материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Моделирование напряженно-деформированного состояния толстостенных втулок после обработки дорнованием

УДК 621.887:621.951

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ82	Чжан Бовэнь		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бознак Алексей Олегович	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин Александр Иванович	д.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.01 Машиностроение	Арляпов Алексей Юрьевич	к.т.н.		

Томск – 2020 г.

Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Способность выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении
P2	Способность подготавливать технические задания на разработку проектных решений, разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты технических разработок с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения
P3	Способность изучать и анализировать необходимую информацию, технические данные, показатели и результаты работы, систематизировать их и обобщать
P5	Способность получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, уметь применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств общего и специального назначения, в том числе в режиме удаленного доступа
Общекультурные компетенции	
P6	Способность выбирать оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты производства
P7	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, для приобретения новых знаний и умений.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 15.04.01 «Машиностроение»
Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) _____
(Дата) Арляпов А.Ю.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4АМ82	Чжан Бовэнь

Тема работы:

Моделирование напряженно-деформированного состояния толстостенных втулок после обработки дорнованием	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№59-118/с от 28.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является толстостенная втулка обработанная дорнованием.</p> <p>Цель: исследовать напряженно-деформированное состояние толстостенных втулок после обработки дорнованием при разных диаметрах отверстия в опоре.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Для достижения цели поставлены следующие задачи:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Исследовать остаточные напряжения в трех сечениях втулок после дорнования при разных диаметрах отверстий в опоре с помощью программного комплекса ANSYS. 2.Исследовать смещение металла (наплывы) на входе и выходе отверстий втулок после дорнования при разных диаметрах отверстий в опоре с помощью программного комплекса ANSYS. 3.Провести экспериментальное исследование для верификации полученных при моделировании данных.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Демонстрационный материал (презентация в MS PowerPoint)</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Исследовательский</p>	<p>Бознак А.О.</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Якимова Т.Б.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Сечин А.И.</p>
<p>Исследовательский (на англ. яз.)</p>	<p>Кобзева Н.А.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Modeling of the stress-strain state of thick-walled bushings after processing(cold expansion) by mandrels</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>10.10.18</p>
--	-----------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент</p>	<p>Бознак Алексей Олегович</p>	<p>к.т.н.</p>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>4AM82</p>	<p>Чжан Бовэнь</p>		

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 128 листов, 273 рисунков, 46 таблиц, 28 источников, 2 приложение.

Ключевые слова: Остаточные напряжения, обработки дорнованием.

Актуальность работы заключается в возможности более рационального проектирования опоры на основе знания зависимости распределения остаточных напряжений и остаточных деформаций после дорнования заготовки. Это позволит проектировать опора более равнопрочной конструкции, а также с лучшими условиями создать благоприятных сжимающих остаточных напряжений и благоприятных остаточная деформация. Объектом исследования является толстостенная втулка обработанная дорнованием.

Цель работы: исследовать напряженно-деформированное состояние толстостенных втулок после обработки дорнованием при разных диаметрах отверстия в опоре.

Задача: Численное исследование остаточных напряжений и деформаций, возникающих в деталях типа толстостенных втулок после обработки дорнованием, с применением программного ANSYS.

1. Исследовать остаточные напряжения в трех сечениях толстостенных втулок после дорнования при разных диаметрах отверстий в опоре с помощью программного комплекса ANSYS.
2. Исследовать смещение металла (наплывы) на входе и выходе отверстий втулок после дорнования при разных диаметрах отверстий в опоре с помощью программного комплекса ANSYS.
3. Провести экспериментальное исследование для верификации полученных при моделировании данных.

В первом разделе рассмотрены конструкция дорн, схема сил и напряжений, схема процесса дорнования.

Во втором разделе использование конечно-элементного программного обеспечения ANSYS для моделирования процесса обработки.

В третьем разделе проведено исследование процесса дорнования толстостенных втулок с использованием программного комплекса ANSYS

В заключении изложены выводы о проделанной работе и определено направление дальнейших исследований.

Оглавление

Реферат	5
Глава I.....	11
ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	11
1.1. Определение процесса дорнования.....	11
1.2. Область применения.....	12
1.3.Оборудование для дорнования.....	14
1.4. Схема инструмент.....	15
1.5.Схема процесса дорнования	17
1.6.Параметры процесса дорнования.....	19
1.7.Схема сил и напряжений.....	21
1.8. Недостатки процесса	22
1.9.Цель и задачи исследований	25
Глава II	26
МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	26
2.1. Описание моделей по ANSYS	26
2.2. Описание приспособления для дорнования.....	36
2.3.Метод расчета остаточного напряжения	38
Глава III.....	41
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ДОРНОВАНИИ ОТВЕРСТИЙ В ВТУЛОК	41
3.1.Исследовать влияние внутреннего диаметра опоры на распределении остаточные напряжения после дорнования втулок	41
3.1.1.Эпюры остаточных напряжений($\sigma_\theta, \sigma_r, \sigma_z$) на входном торце:	42
3.1.2.Анализ эпюры остаточных напряжений($\sigma_\theta, \sigma_r, \sigma_z$) на входном торце:	46
3.1.3. Вывод о остаточных напряжений($\sigma_\theta, \sigma_r, \sigma_z$) на входном торце:	47
3.1.4.Эпюры остаточных напряжений($\sigma_\theta, \sigma_r, \sigma_z$) на среди торце:.....	48
3.1.5.Анализ эпюры остаточных напряжений($\sigma_\theta, \sigma_r, \sigma_z$) на среди торце:	52
3.1.6. Вывод о остаточных напряжений($\sigma_\theta, \sigma_r, \sigma_z$) на среди торце:	53

3.1.7.Эпюры остаточных напряжений($\sigma_\theta, \sigma_r, \sigma_z$) на выходном торце	54
3.1.8.Анализ эпюры остаточных напряжений($\sigma_\theta, \sigma_r, \sigma_z$) на выходном торце	58
3.1.9. Вывод о остаточных напряжений($\sigma_\theta, \sigma_r, \sigma_z$) на выходном торце:.....	59
3.1.10.Эпюры радиальных остаточных напряжений	60
3.1.11.Анализ эпюры радиальных остаточных напряжений	61
3.1.12. Вывод о эпюры радиальных остаточных напряжений:	62
3.1.13.Эпюры осевых остаточных напряжений	63
3.1.14.Анализ эпюры осевых остаточных напряжений.....	64
3.1.15. Вывод о эпюры осевых остаточных напряжений:.....	65
3.1.16.Эпюры окружных остаточных напряжений.....	66
3.1.17.Анализ эпюры окружных остаточных напряжений	67
.....	67
3.1.18. Вывод о эпюры окружных остаточных напряжений:	68
3.1.19.Выводы по разделу:	69
3.2. Исследовать высота наплыв заготовки после дорнования	71
3.2.1.Эпюры высота наплыв на верхний и нижний поверхность.....	73
3.2.2.Анализ эпюры высота наплыв на верхний и нижний поверхность	74
3.2.3.Выводы по разделу:	75
3.3.Исследовать формулу заготовки после дорнования	76
3.3.1.Эпюры изменение размера внутреннего отверстия заготовки.....	77
.....	78
3.3.2.Эпюры наружного диаметра заготовки	80
3.3.3.Выводы по разделу:	83
3.3.4. Эпюры распределение напряжений в направлении Z.....	84
Заключение:.....	85
Глава IV	86
Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	86

Введение	87
4.1. Планирование управления научно-техническим проектом.....	88
4.1.1. План проекта	88
4.2. Расчет сметы затрат на выполнение проекта	94
4.2.1. Расчет затрат на материалы	94
4.2.2. Расчет заработной платы.....	95
4.2.3. Расчет затрат социальные отчисления во внебюджетные фонды.....	96
4.2.4. Расчет затрат на электроэнергию	96
4.2.5 Расчет амортизационных расходов	97
4.2.6 Расчет прочих расходов	100
4.2.7 Расчет общей себестоимости разработки.....	100
4.2.8 Расчет прибыли	101
4.2.9 Расчет НДС	101
4.2.10 Цена разработки НИР	101
Глава V	102
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ».....	102
Введение	103
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	103
5.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	103
5.1.2.Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	104
5.2.Производственная безопасность	105
5.2.1.Анализ условий труда на рабочем месте	105
5.2.2. Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	106
5.2.3. Анализ показателей шума и вибрации	106
5.2.4. Анализ показателей микроклимата.....	107
5.2.5. Анализ освещенности рабочей зоны.....	109
5.2.6.Анализ пожарной безопасности	111
5.2.7. Анализ эмоциональные нагрузки.....	113

5.2.8. Анализ электробезопасности.....	113
5.3.Экологическая безопасность	115
5.4.Безопасность в чрезвычайных ситуациях	116
Выводы по разделу:	117
Законодательные акты.....	118
Список используемых источников	119
6.Приложение Б	120
6.Modeling of the stress-strain state of thick-walled bushings after processing(cold expansion) by mandrels.....	121
6.1. Introduction.....	121
6.2.Cold expansion	121
6.3. Cold expansion process and structure of dorn	122
6.4. forces and stresses of cold expansion	124

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Определение процесса дорнования

Дорнование (деформирующее протягивание, прошивание) заключается в холодной пластической деформации заготовки при поступательном движении через отверстие при некоторой натягом инструмента. В этом случае диаметр отверстия увеличивается из-за пластической деформации, деформированный слой металла упрочнение, неровности поверхности сглаживаются, точность обрабатываемого отверстия увеличивается. Дорнование относится к методам обработки с упрочнением по размеру, которые чаще используются в серийном и массовом производстве.

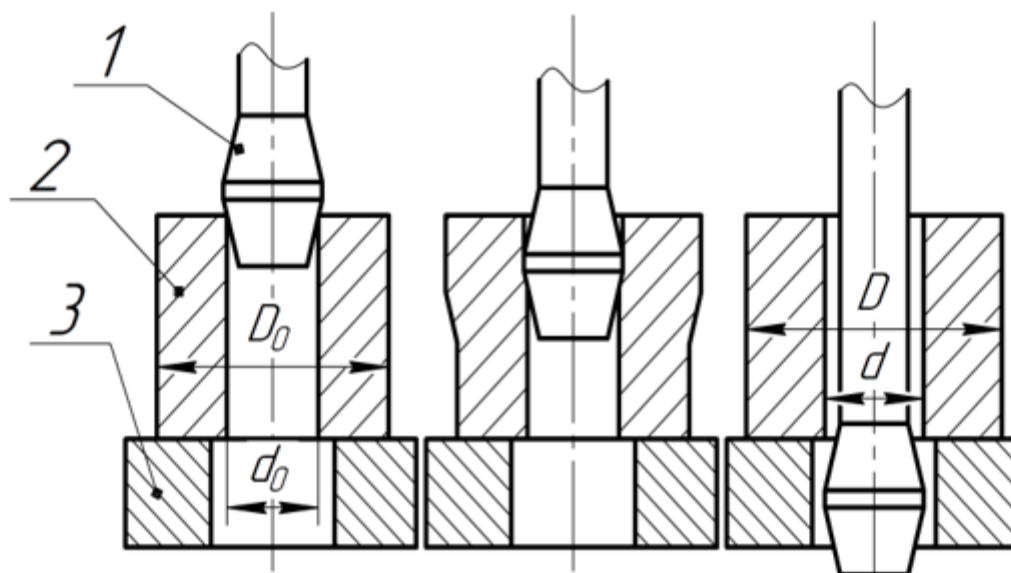


Рисунок.1.1 Принципиальная схема процесса дорнования(1)дорн; (2)образец; (3)опор; (d_0)внутренний диаметр заготовки; (D_0) - внешний диаметр заготовки; (d)заготовка внутреннего диаметра после сгорания; (D)заготовка после сгорания Наружный диаметр

Этот метод исключает предварительную обработку. За один или два прохода вы можете получить очень точные и чистые отверстия. В то же время происходит упрочнение металла. Это дает дорнованию важное техническое и экономическое преимущество над другими технологическими процессами.

1.2. Область применения



штоков гидроцилиндров



поршневых пальцев двигателей внутреннего сгорания



карданных валов



крестовин



Направляющие втулки



Волновод



сварочные наконечник



Пневмоцилиндры



подшипник качения

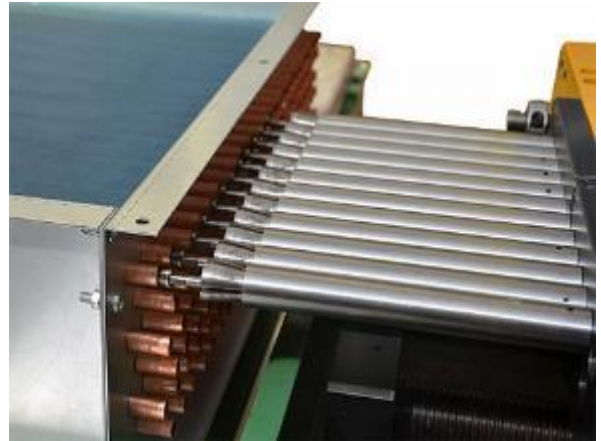
Дорнование широко используется в промышленности. В отверстиях обрабатывают отверстия диаметром от 1 до 160 мм и глубиной до 100 d0 в деталях с твердостью металла до HRC 40 ... 45, а в некоторых случаях до HRC 60. дорнование используется при изготовлении направляющих измерительных приборов, поршневых пальцев двигателей внутреннего сгорания, подшипников качения, пневматических и гидравлических гильз цилиндров.

Дорнование также используется при восстановлении изношенных деталей: запасы пневматических и гидроцилиндров, поршневые пальцы, универсальные шарниры валы и др.

1.3.Оборудование для дорнования



Horizontal combined expander



Горизонтальный станок для дорнования
теплообменника СМЕ(15.9-9)-12*2/4000WA

Пресс-расширитель для экспандирования теплообменников СМЕ(15.9-9)-12*2/4000WA—это мощный крупногабаритный стационарный электрогидравлический станок горизонтального типа циклического действия, предназначенный для выполнения послесборочных работ механического экспандирования трубного ряда малогабаритных, но широких и массивных теплообменников, что необходимо для укрепления стенок трубок, устранения заусенцев на срезах сечения, плотной усадки самой решетки и снятия остаточных напряжений от процесса сварки.



Automatic line of shrinkless expanding



Вертикальный станок для дорнования
теплообменника СМЕQ7-43*4/1200L4A

Вертикальный станок для дорнования и развальцовки теплообменника СМЕQ7-43*4/1200L4A — это мощный крупногабаритный стационарный

двухпозиционный электрогидравлический пресс циклического действия с автоматической горизонтальной подачей исходного материала, предназначенный для выполнения послесборочных операций механического экспандирования трубного ряда теплообменников, что необходимо для придания каждой трубе требуемого расширения в сечении, плотной усадки самой решетки и снятия остаточных напряжений от процесса сварки. Изделие имеет минимально возможный процент брака и характеризуется экономией в затратах энергии.



Портативный станок для дорнования теплообменника

Портативный станок для дорнования теплообменника — это электрогидравлический пресс вертикального типа периодического действия малой производительности, предназначенный для операции механического экспандирования после сборки теплообменников, что необходимо с целью придания трубе требуемой формы и снятия остаточных напряжений от процесса сварки.

1.4. Схема инструмент

В качестве инструмента для дорнования используются стальные и твердосплавные шарики, одно- и многозубые крепежи и протяжки.

В большинстве случаев рабочая часть зуба состоит из двух усеченных конусов, которые соединены цилиндрической лентой, которая определяет диаметр отверстия для обработки. Углы рабочего конуса и обратного конуса обычно равны. Их оптимальное значение составляет $6 \dots 10^\circ$, а ширина цилиндрической

ленты составляет 0,1 ... 3 мм.

В качестве материала для изготовления дорн рекомендуется использовать твёрдых сплавов (BK8, BK15, BK20, T5K10). Это позволяет нам продлить срок службы инструмента, улучшить качество обрабатываемой поверхности и, в большинстве случаев, устранить очень нежелательное явление механической обработки материала и затвердевания материала инструмента. Самая простая конструкция - это оправка с одним зубом

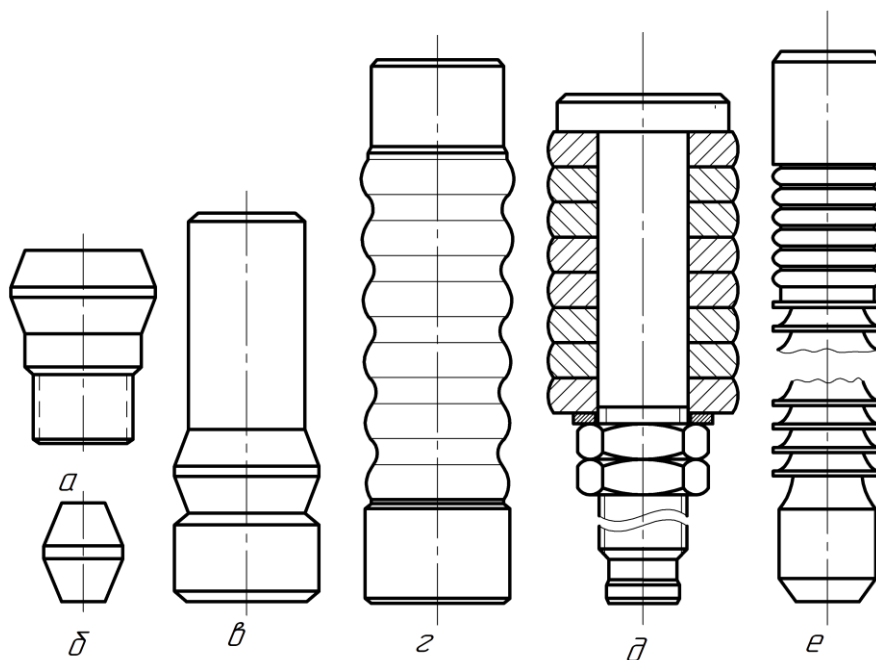


Рисунок 1.2—Виды дорнов:а—однозубый с хвостовиком для работы на протяжном станке;б—однозубый без хвостовика для работы на прессе;в—однозубый с направляющим хвостовиком;г—многозубый с направляющим хвостовиком;д—наборный дорн;е—режущая протяжка с дорнующими зубьями)«

Для дорнования отверстия диаметра более 10мм,использует дорны-протяжки(а ,д и е). для отверстия меньших диаметра-дорны-протяжки (б).Может бы шары которые проталкивают через обрабатываемое отверстие с помощью цилиндрического стержня-толкателя.

1.5.Схема процесса дорнования

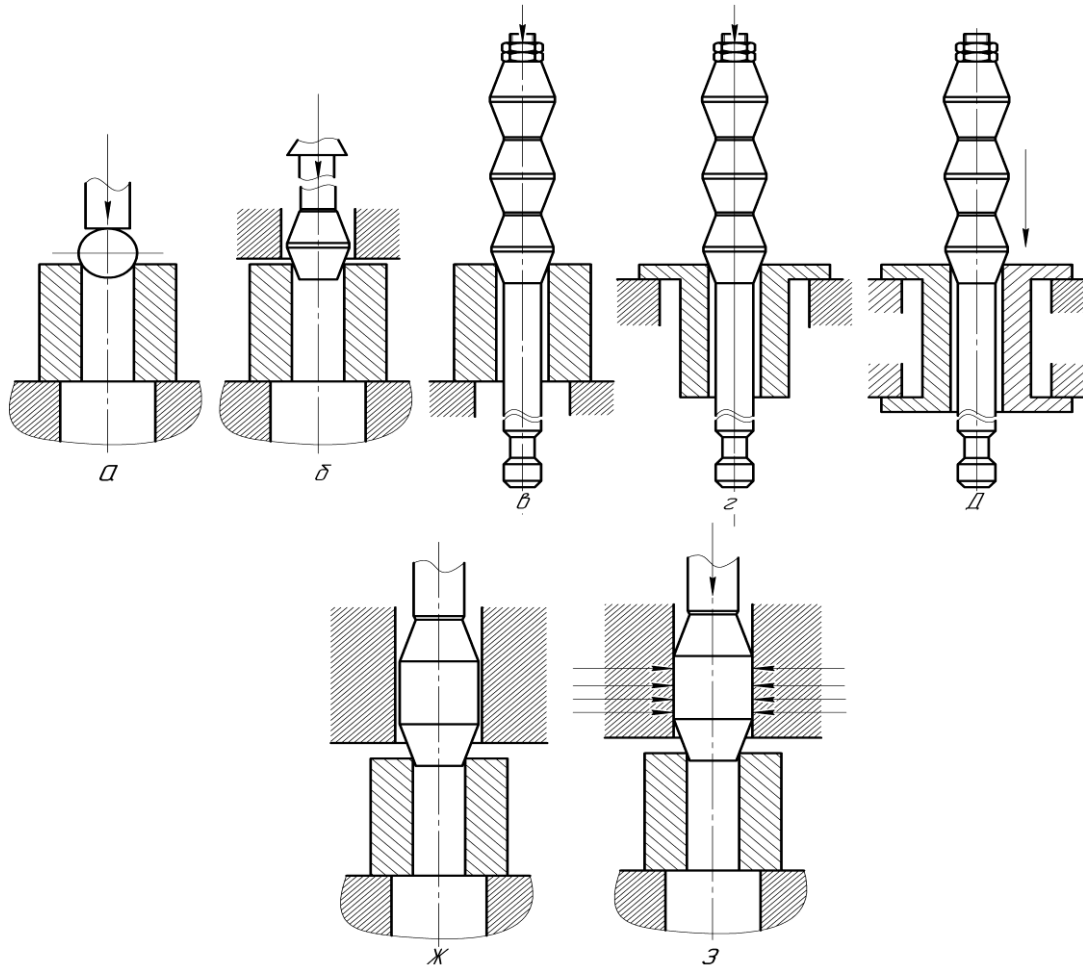


Рисунок 1.3— Схема дорнования отверстия : (а) шаром (со сжатием заготовки); (б) консольно закрепленной однозубой прошивкой (со сжатием заготовки); (в) многозубым дорном-протяжкой (со сжатием заготовки); (г) многозубым дорном-протяжкой (со растяжением заготовки); (д) многозубым дорном-протяжкой (со осевым заневоливанием заготовки); (е) однозубой незакрепленной в осевом направлении прошивкой, размещенной с зазором в направляющей втулке (со сжатием заготовки); (ж) однозубой незакрепленной в осевом направлении прошивкой, размещенной с натягом в направляющей втулке (со сжатием заготовки);

Для дорнования глубоких отверстий с помощью прошивки (шариков) используются специальные машины, оснащенные специальным оборудованием и различными прессами. Для небольших партий заготовок их можно полировать на сверлильных или фрезерных станках.

По величине и направлению осевого усилия, действующего на заготовку, мы различаем оправки с осевым сжатием (схема сжатия), осевым натяжением (схема растяжения) и осевой заневоливание.

Схема сжатия в основном используется для обработки продуктов с отношением $L/d < 5$, в то время как схема растяжения и осевым заневоливанием

используется для обработки длинных продуктов с $L/d > 5$, таких как втулки и цилиндры.

При дорновании с одного зуба дорн в соответствии со схемой сжатия, торец заготовки устанавливается на опорной втулке с отверстиями. Дорнование со стороны свободного конца. По сравнению с другими решениями характеристиками дорнования являются минимальное утонение стенки и максимальное укорочение заготовки.

При дорновании с помощью однозубчатой дорн по схема растяжения: Дорнование со стороны поддерживающего конца. Это лучше, чем предыдущий, поскольку он обеспечивает более высокую точность обработки отверстия заготовки. Истончение стенки более интенсивное, а укорочение минимальное.

Используйте специальное натяжное оборудование для дорнования с осевым заневоливанием. Обеспечить определенное осевое напряжение на стенке заготовки. Натяжение заготовки существенно изменит условия деформации. Чтобы получить заданное изменение толщины стенки, для регулирования деформации может использоваться схема осевым заневоливанием.

Выбор схема процесса повлияет на величину осевой нагрузки на заготовку. Если такая нагрузка будет слишком большой, это приведет к осевому напряжению в заготовке.

Протяжка используется в качестве инструмента для сверления глубоких отверстий с $d \geq 30$ мм; в зависимости от глубины отверстия и жесткости заготовки, она может быть сжата (рисунок 1.3, в), растянута (рисунок 1.3, г) или осевым заневоливанием (рисунок 1.3, д) обработка. Точность изготовления инструмента очень высока: отклонение от круглости цилиндрического ремня не превышает 0,002 мм, а шероховатость рабочей поверхности составляет $Ra \leq 0,04$ мкм. Используемая смазка оказывает важное влияние на процесс стирания, тем самым устраняя фиксацию между инструментом и заготовкой, уменьшая силу деформации и улучшая точность и качество поверхности.

При прожиге глубокого отверстия небольшого диаметра (1 ... 5 мм) протяжка

не может быть использована из-за его низкой прочности. Здесь вы можете использовать шарик или приспособление (Рис.1.3, а, ж, з) в качестве инструмента, протолкнуть его в отверстие, а затем обработать его цилиндрическим толкателем. Шарик, особенно твердосплавные, такие как инструменты, несомненно, имеют преимущества, в том числе высокую прочность, долговечность и точность. Однако для их изготовления требуется специальное оборудование.

В прошивке отсутствуют явные недостатки. Однако во время работы, особенно с креплением из цементированного карбида, следует избегать изгибающих нагрузок, когда инструмент входит в обрабатываемое отверстие. По этой причине рекомендуется поместить прошивку в направляющую втулку или оставить небольшой зазор (рисунок1.3,ж) или посадку с натягом (рисунок1.3,з). В последнем случае направляющая втулка выполнена из упругого антифрикционного материала, например, фторопласта.

1.6.Параметры процесса дорнования

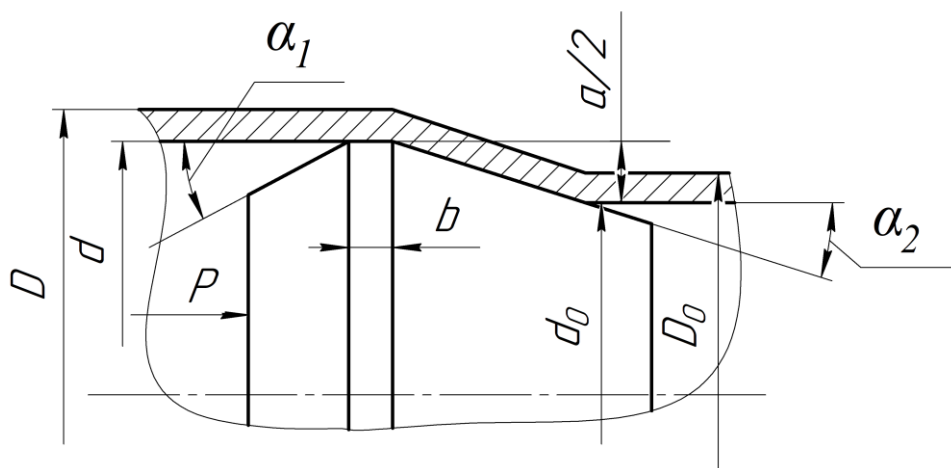


Рисунок 1.9—Схема параметры процесса дорнования отверстия(P—Сжатие усилие дорнования;D— Наружный диаметр заготовки после дорнования;d— Внутренний диаметр заготовки после дорнования(диаметр дорна);D₀— Наружный диаметр заготовки до дорнования;d₀— Внутренний диаметр заготовки до дорнования; b—ширина цилиндрической ленточки; α₁-задний углы дорна; α₂—передний углы дорна;a—абсолютный натяг на дорн)←

Натяг дорнования – это разность размеров (диаметров) инструмента и отверстия заготовки до дорнования. По формулу:

$$a = d_{\text{дорн}} - d_0$$

В процессе дорнования заготовки заготовка не будет удалена из отверстия, как при обработке резанием, но будет частично перемещаться по направлению к внешней поверхности заготовки, что вызывает увеличение ее наружного и внутреннего диаметров.

Основные технологические параметры процесса дорнования: суммарный натяг Σa и натяг на зуб или число циклов деформирования. Сувеличением суммарного натяга и уменьшением натяга на зуб повышается точность отверстия и качество поверхностного слоя.

Скорость дорнования обычно не превышает 30 м/мин. Она не оказывает существенного влияния на характеристики обработанной поверхности, износ инструмента и энергосиловые параметры обработки. Скорость дорнования следует выбирать в зависимости от свойств обрабатываемого материала .

Используемая смазка оказывает важное влияние на процесс дорнования, тем самым устраняя фиксацию между инструментом и заготовкой, уменьшая силу деформации и улучшая точность и качество поверхности. При обработке деталей из углеродистой и низколегированной конструкционной стали в качестве смазочных материалов рекомендуется использовать жидкости на масляной основе МР-1, МР-2, МР-3, МР-7. При сверлении отверстий в деталях из высокопрочной высоколегированной стали и сплавов используются специальные смазки на основе эпоксидной смолы и твердых наполнителей, таких как дисульфид молибдена, коллоидный графит и нитрид бора. При обработке деталей из чугуна рафинированный керосин даст хорошие результаты.

Параметры дорнования: 1. обычный и относительный натяг 2. Скорость исполнения, 3. Мощность исполнения, 4. Относительная деформация.

1.7.Схема сил и напряжений

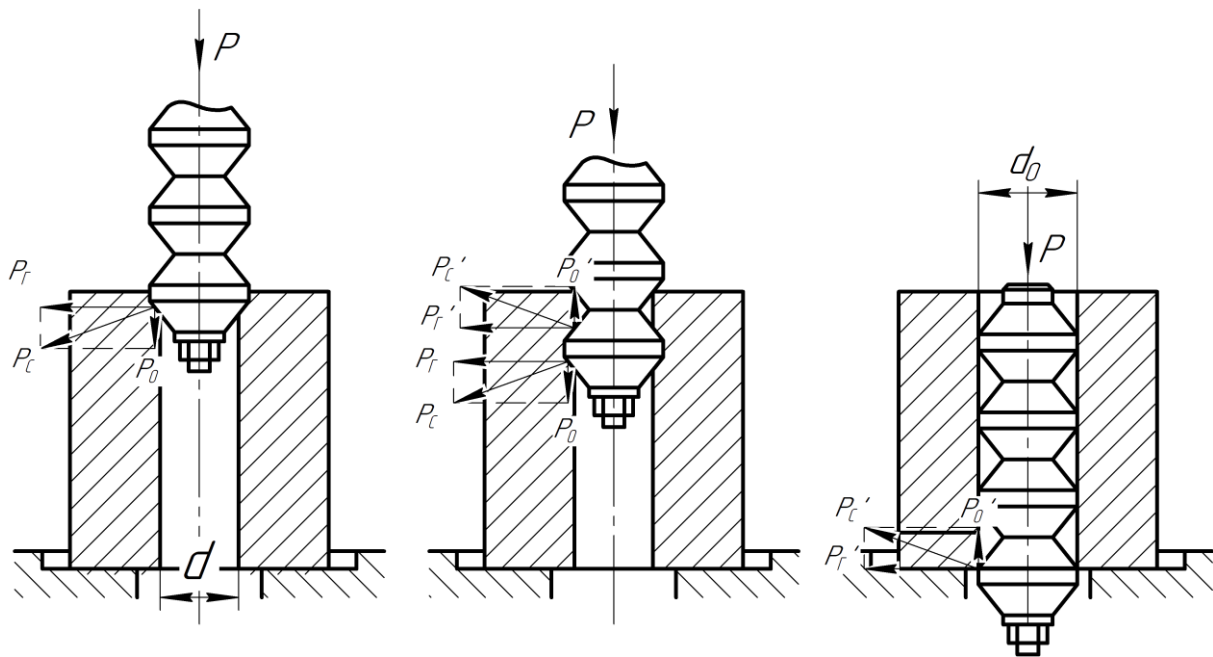


Рисунок 1.11-Действующие силы при дорновании и характер зависимости различных видов работы деформирования от угла α заборного конуса дорна^{«1»}
(При дорновании прикладываемая к инструменту сила раскладывается на осевую и радиальную составляющие)^{«1»}

Под действием силы поворота мы понимаем силу, прикладываемую инструментом к стенке отверстия в радиальном и осевом направлениях. Сила, прикладываемая резцом в радиальном направлении, может увеличить поперечное сечение обрабатываемого отверстия, а сила, создаваемая оправкой в направлении оси заготовки, может устранить наименьшие неровности на внутренней поверхности. Относительная деформация, измеренная в процентах, может определить, насколько внешний диаметр заготовки изменился в процессе дорнования.

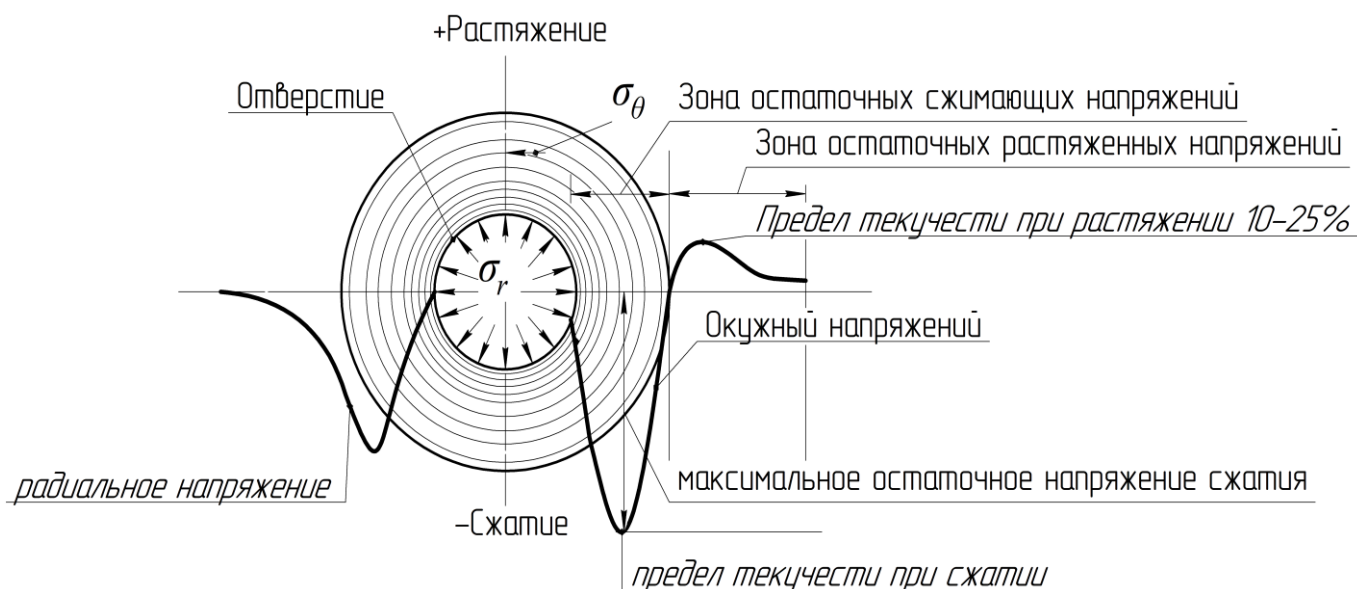


Рисунок 1.12-Схема остаточных напряжения(Окружный и радиальный)

В процессе экструзии металл слоя стенки отверстия пластически деформируется, а более глубокий металл упруго деформируется; Когда экструзия завершена, упругая деформация восстанавливается благодаря силе упругости, оказывающей давление на металлический слой, который пластически деформируется, и создает высокое остаточное сжимающее напряжение вокруг стенки отверстия. Когда возникает усталость, получают внешнюю переменную нагрузку и внутреннюю силу. После того, как остаточное напряжение сжатия накладывается, пик растягивающего напряжения внешней переменной нагрузки уменьшается, среднее напряжение уменьшается, и время образования трещины увеличивается, поэтому сопротивление усталости отверстия улучшается.

1.8. Недостатки процесса

Одним из недостатков процесса дорнования является сниженная точность внешней поверхности детали. Во время полировки улучшается точность внутренней стенки отверстия, шероховатость поверхности уменьшается, толщина уменьшается, и вокруг отверстия создается остаточное сжимающее напряжение.

Влияние большинства параметров на точность связано с естественным

отклонением случайных источников, особенно: толщина стенки, начальная твердость, натяжение при полировке, термическая деформация, диаметр инструмента и износ, а также форма отверстия заготовки.

Отклонение формы отверстия заготовки во всем поперечном сечении можно определить как отклонение от округлости. Эта ошибка зависит от начальной разницы заготовки.

Кривизна оси отверстия в основном связана с эксцентриситетом цилиндрической поверхности заготовки, в результате чего в продольной части заготовки будет создаваться внутренний момент, который вызывает упругий изгиб после прохождения оправки .

При дорновании необработанных трубчатых заготовок точность отверстий находится в пределах 10-12 допустимых диапазонов. Погрешность увеличивается пропорционально размеру заготовки, поэтому точность маленького отверстия после сторания выше. Большая часть общего рассеянного поля состоит из отклонений в форме поперечного сечения. Для повышения точности отверстий используйте калибровочные зубья, чтобы угол впускного конуса находился в пределах $3 \dots 5^\circ$. Ширина цилиндрического ремня с многозубчатой оправкой не повлияет на точность отверстия .

Когда дорн входит в отверстие для обработки (и выходит из отверстия для обработки), пластическая деформация в основном распространяется вдоль направления свободного конца. Следовательно, вблизи отверстия на торцевой поверхности образуется приток металла, и образующая отверстия вблизи конца отклоняется от прямой линии. В результате деформации конец отверстия деформируется. Наибольший приток металла наблюдался на выходе.

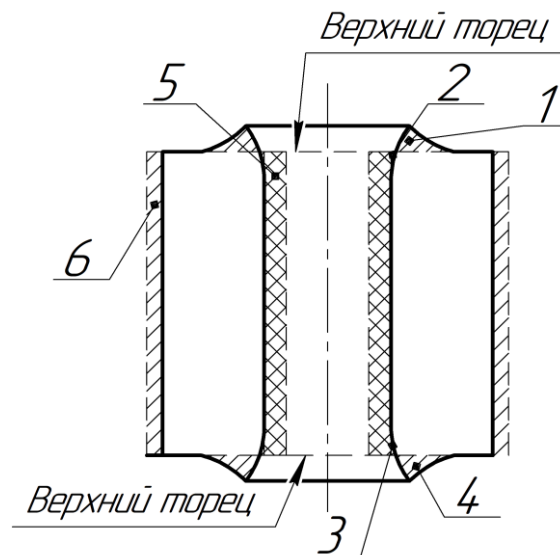


Рисунок 1.13-Схема смещения металла после дорнования(1-Наплыв металла у верхнего торца; 2-Искажение цилиндрического отверстия у верхнего торца; 3-Искажение цилиндрического отверстия у опорного торца; 4-Наплыв металла у опорного торца;5-Остаточная деформация по всему отверстию(без учета искажения;6-Увеличение объема по наружному диаметру за счет остаточных деформаций)

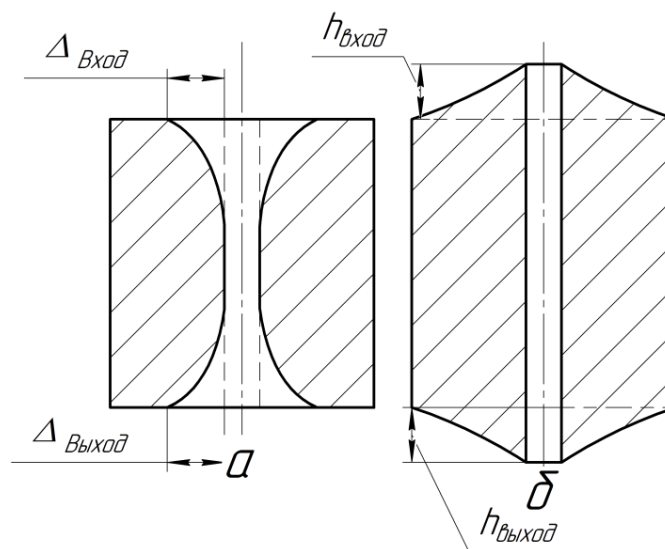


Рисунок 1.14-Схема смещения металла (а-на радиальном направлении после дорнования;б-на осевом направлении после дорнования)

1.9.Цель и задачи исследований

Цель работы: исследовать напряженно-деформированное состояние толстостенных втулок после обработки дорнованием при разных диаметрах отверстия в опоре.

Задача: Численное исследование остаточных напряжений и деформаций, возникающих в деталях типа толстостенных втулок после обработки дорнованием, с применением программного ANSYS.

1. Исследовать остаточные напряжения в трех сечениях толстостенных втулок после дорнования при разных диаметрах отверстий в опоре с помощью программного комплекса ANSYS.
2. Исследовать смещение металла (наплывы) на входе и выходе отверстий втулок после дорнования при разных диаметрах отверстий в опоре с помощью программного комплекса ANSYS.
3. Провести экспериментальное исследование для верификации полученных при моделировании данных.

Глава II

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Описание моделей по ANSYS

Чтобы решить проблему, которая не может быть изучена в дальнейшем из-за внешних условий во время фактического производства или испытаний, мы используем метод анализа конечных элементов для моделирования процесса дорнования отверстия, что имеет большое значение для нашего понимания технологии дорнования отверстия. Таким образом, в этой главе с помощью программного обеспечения для моделирования конечных элементов ANSYS, в соответствии с фактическими условиями процесса донования отверстия трехмерного моделирования конечных элементов, путем изменения радиуса внутренних отверстия в опорном столе и других параметров, анализ и сравнение распределения остаточных напряжений вокруг образца с отверстием после экструзии, путем сравнения распределения напряжений в различных условиях, углубленное понимание механизма упрочнения этой технологии.

Объекты, участвующие в процессе моделирования дорнования отверстия, в основном включают дорн, заготовка и опора.

Двумерная карта и трехмерная карта показаны на Рисунке 2.1 ~ 2.4

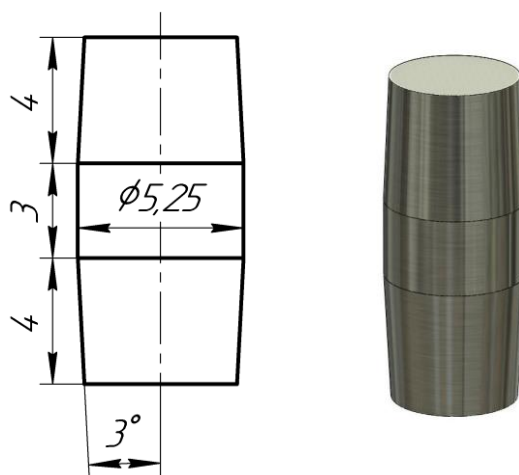


Рисунок 2.1—Схема дорн на 3-Д и 2-Д моделей

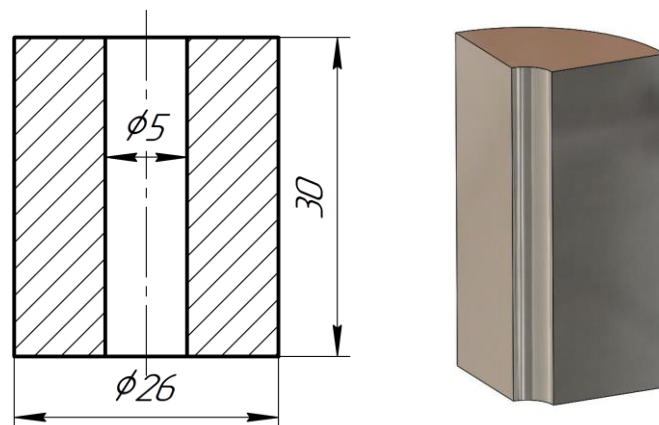


Рисунок 2.2. Схема втулок на 3-Д(1/4) и 2-Д моделях

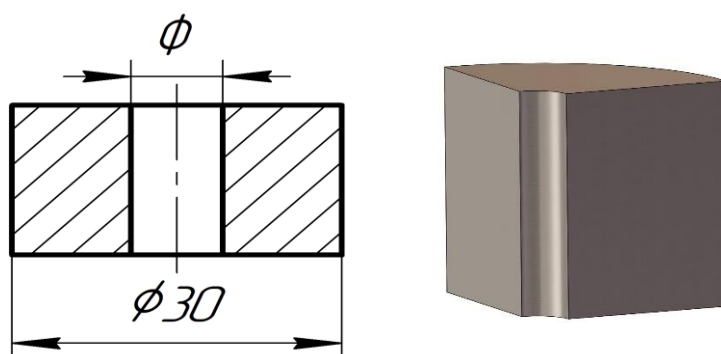


Рисунок 2.3-Схема опора на 3-Д (1/4)и 2-Д моделей $\phi = 5,6,7,8,9,10,15,20,25\text{мм}$

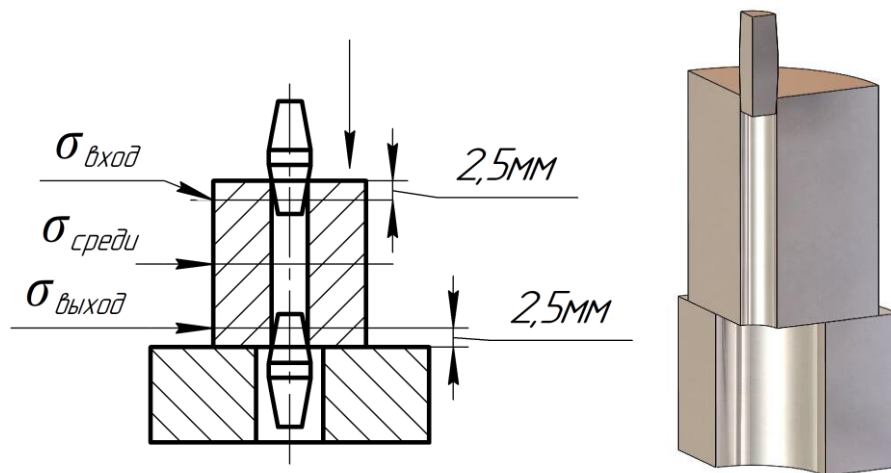


Рисунок 2.4-Схема исследования процесса дорнования на 3-Д (1/4)и 2-Д моделях

При использовании программного обеспечения для анализа конечных элементов ANSYS для трехмерного моделирования процесса дорнования отверстия, важно, чтобы различные материалы были правильно присвоены соответствующим свойствам материала, а правильная передача свойств материала влияет на точность результатов моделирования.Примел дорн материалы:Твердый сплава ВК8 ,Заготовка и опора материалы:Сталь 45.

Марка сплава	Химический состав		
	WC%	TiC%	Co%
ВК8	92	-	8

Таблица 2.1—Химический состав ВК8

Модуль упругости Е,МПа	Коэффициент Пуассона(μ)	Твердость HRA	Предел прочности при изгибе,МПа	Предел прочности при сжатии,МПа	Плотность,кг /м^3
$6 \cdot 10^5$	0.2	87.5	1400	4700	14400

Таблица 2.2—физико-механические свойства сплава ВК8

C	0.42-0.5%
Si	0.17-0.37%
Mn	0.5-0.8%
Ni	До 0.25%
S	До 0.04%
Cr	До 0.25
Cu	До 0,25
As	До 0,08
Fe	~97%
P	До 0.035

Таблица 2.3—Химический состав Сталь45

Сталь 45	
$\varepsilon, \%$	$\sigma, \text{МПа}$
0	0
0.2	375
1.97	382
2.83	462
3.51	501
4.63	552
5.67	591
9.35	668

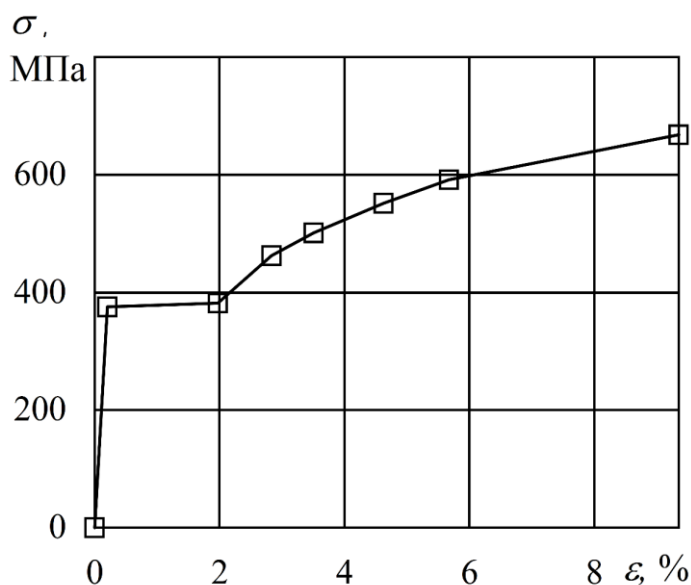


Таблица 2.4-Механические свойства Сталь45

По Настройки свойств материала Сталь 45(engineering data),если выбирал Мультилинейная модель с кинематическим упрочнением(Multilinear Kinematic hardening),Затем используйте следующие параметры материала.Показать на рисунок 2.5-2.7

	A	B	C
1	Property	Value	Unit
2	Material Field Variables	Table	
3	Density	7.826E-09	tonne mm ⁻³ ▼
4	Isotropic Elasticity		
5	Derive from	Young's Modulus and Poisson... ▼	
6	Young's Modulus	2E+05	MPa ▼
7	Poisson's Ratio	0.3	
8	Bulk Modulus	1.6667E+05	MPa
9	Shear Modulus	76923	MPa
10	Multilinear Kinematic Hardening	Tabular	
11	Scale	1	
12	Offset	0	MPa

Рисунок 2.5-Схема настройки свойств материала Сталь 45

Table of Properties Row 10: Multilinear Kinematic Hardening		
	A	
1	Temperature (C)	
2	22	
*		
	B	C
1	Plastic Strain (mm mm ⁻¹)	Stress (MPa)
2	0	1E-07
3	0.002	375
4	0.0197	382
5	0.0283	462
6	0.0351	501
7	0.0463	552
8	0.0567	591
9	0.0935	668
*		

Рисунок 2.6-Схема настройки параметра “Multilinear Kinematic Hardening” Сталь 45

	A	B	C
1	Property	Value	Unit
2	Material Field Variables	Table	
3	Density	1.44E-08	tonne mm ⁻³
4	Isotropic Elasticity		
5	Derive from	Young's Modulus and Poisson...	
6	Young's Modulus	6E+05	MPa
7	Poisson's Ratio	0.2	
8	Bulk Modulus	3.333E+05	MPa
9	Shear Modulus	2.5E+05	MPa
10	Compressive Ultimate Strength	4700	MPa

Рисунок 2.7-Схема настройки свойств материала ВК8

Шаг анализа и граничные условия Шаг анализа задается, как показано на рисунке ниже: Моделирование осуществляли за 1 шага, шаг определяется по подэтапам, начальные подэтапы: 100, минимальные подэтапы: 100, максимальные подэтапы: 1000

Details of "Analysis Settings"	
<input type="checkbox"/> Step Controls	
Number Of Steps	1.
Current Step Number	1.
Step End Time	1. s
Auto Time Stepping	On
Define By	Substeps
Initial Substeps	100.
Minimum Substeps	100.
Maximum Substeps	1000.

Рисунок 2.8- Схема описание параметры настройки пошаговое управление(Step Control)

При установке граничных условий начальные граничные условия и граничные условия процесса дорнования определяются отдельно для дорна, заготовки и опоры.

Дайте опора без трения(Frictionless Support) на раздел поверхность заготовки ,опора чтобы ограничения перемещения направлении оси Z ,и дайте опора без трения дорн для ограничения перемещения направлении оси X и Y.

Details of "Frictionless Support"	
<input type="checkbox"/> Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	7 Faces
<input type="checkbox"/> Definition	
ID (Beta)	60
Type	Frictionless Support
Suppressed	No

Рисунок 2.9- Схема описание параметры настройки граничных условий

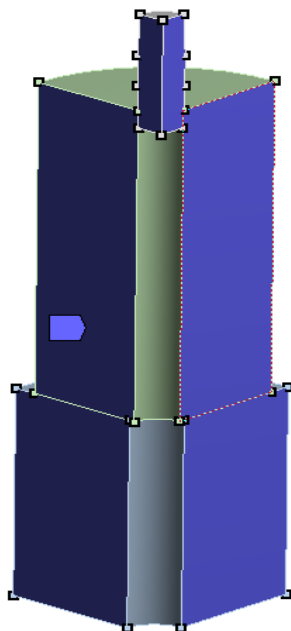


Рисунок 2.10- Схема граничных условий ANSYS(frictionless support)

Движение дорнов было реализовано за счет приложения к узлам их верхних торцов перемещений в направлении $-Z$. (Дистанция перемещения по оси Z составляет 55mm).

Details of "Displacement"	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Face
[-] Definition	
ID (Beta)	62
Type	Displacement
Define By	Components
Coordinate System	Global Coordinate System
<input type="checkbox"/> X Component	0. mm (ramped)
<input type="checkbox"/> Y Component	0. mm (ramped)
<input type="checkbox"/> Z Component	-55. mm (ramped)

Рисунок 2.11- Схема описание параметры настройки граничных условий движение(Displacement)

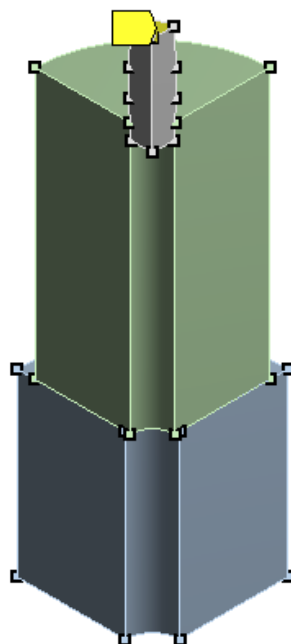


Рисунок 2.12- Схема смещение(Displacement)

При выполнении имитационного анализа в ANSYS необходимо установить сетку(mesh) для 3D-модели, В связи с симметричностью геометрии модели относительно плоскостей XZ и YZ, для сокращения времени вычислений моделирование производилось на четверти от реальной геометрии. Симметрия задавалась приложением опор без трения на поверхности, со стороны которых были отброшенные части. Образец был разбит на 95670 элементов и 21420 узла.

Details of "Sweep Method" - Method	
<input type="checkbox"/> Definition	
Suppressed	No
Method	Sweep
Element Order	Use Global Setting
Src/Trg Selection	Automatic
Source	Program Controlled
Target	Program Controlled
Free Face Mesh Type	Quad/Tri
Type	Number of Divisions

Рисунок 2.12- Схема описание параметры настройки сетки(mesh)

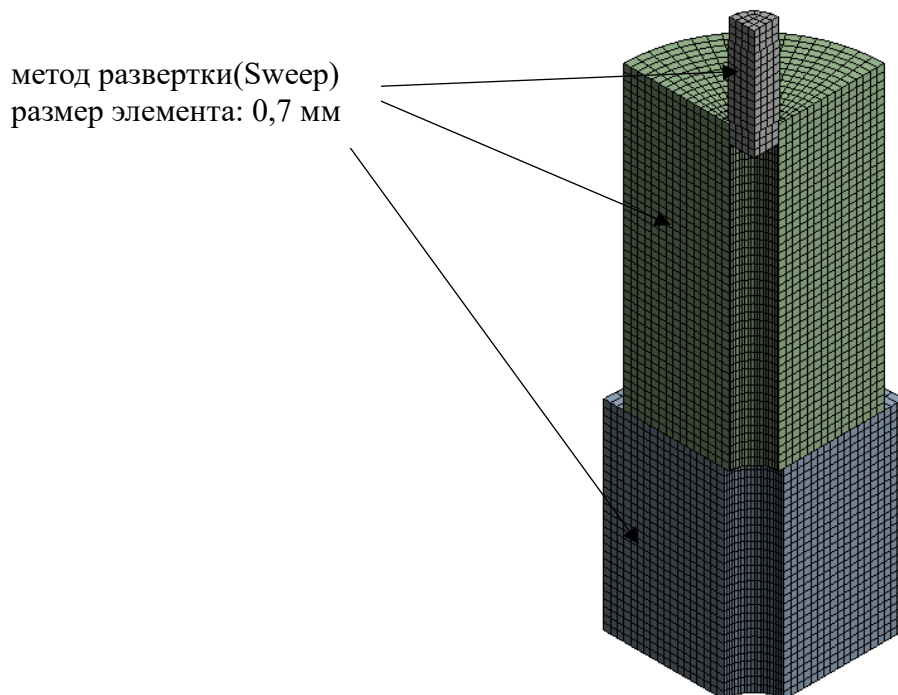


Рисунок 2.13- Схема описание параметры настройки сетки(mesh)

Чтобы изучить изменения остаточных напряжений трех секций, необходимо установить путь(path) на входный торце, средней торце и выходный торце модель втулок. Расстояние между входный торце и верхней поверхностью цилиндра составляет 2,5мм, а расстояние между выходный торце и нижней поверхностью цилиндра составляет тоже 2,5мм. Чтобы измерить деформацию, установите путь сверху и снизу цилиндра.

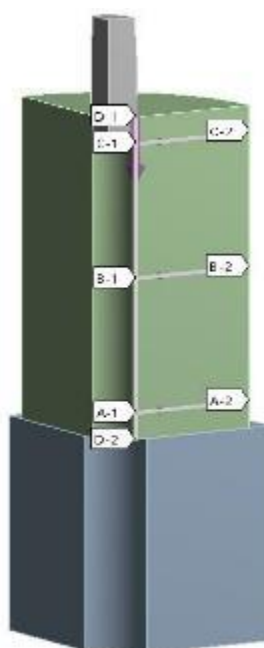


Рисунок 2.14- Схема настройки. путь(вход:c1-c2;среди:b1-b2;выход:a1-a2; деформация:d1-d2)

Во время моделирования дорнования отверстия необходимо определить две пары контактных пар. Смотрите рисунки 2.15-2.18.

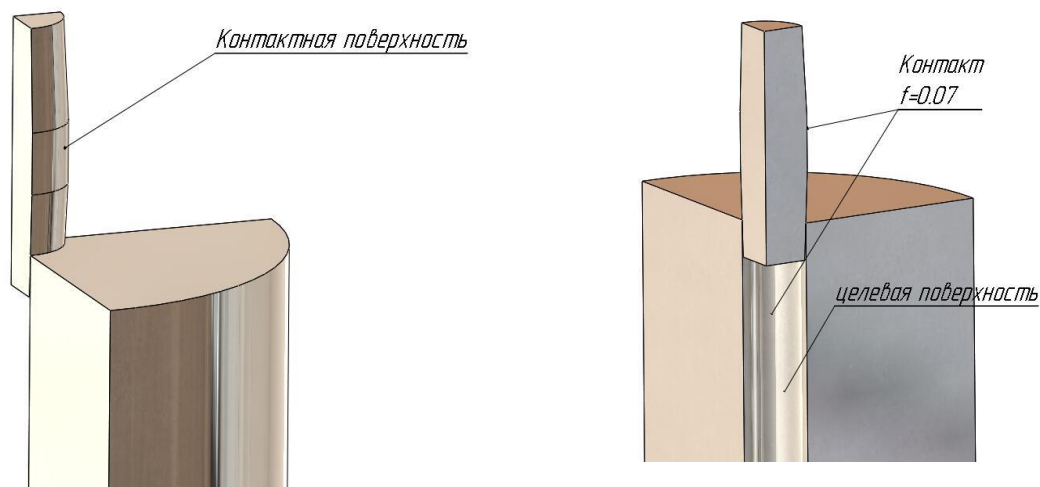


Рисунок 2.15- Схема -Дорн-Заготовка контактных пар

Details of "Frictional - дорн To Заго"	
Scoping Method	Geometry Selection
Contact	3 Faces
Target	1 Face
Contact Bodies	дорн
Target Bodies	Заго
Protected	No
Definition	
Type	Frictional
Friction Coefficient	7.e-002
Scope Mode	Manual

Рисунок 2.16- Схема описание параметры настройки Дорн-Заготовка контактных пар

Рисунок 2.15-2.16 показывает процесс контакта между дорн и заготовкой. В этом процессе внешняя поверхность дорн определяется как “Contact surface”, а внутренняя поверхность отверстия заготовки– “target surface”.

В соответствии с фактическими условиями испытаний установите коэффициент трения контакта на 0,07.

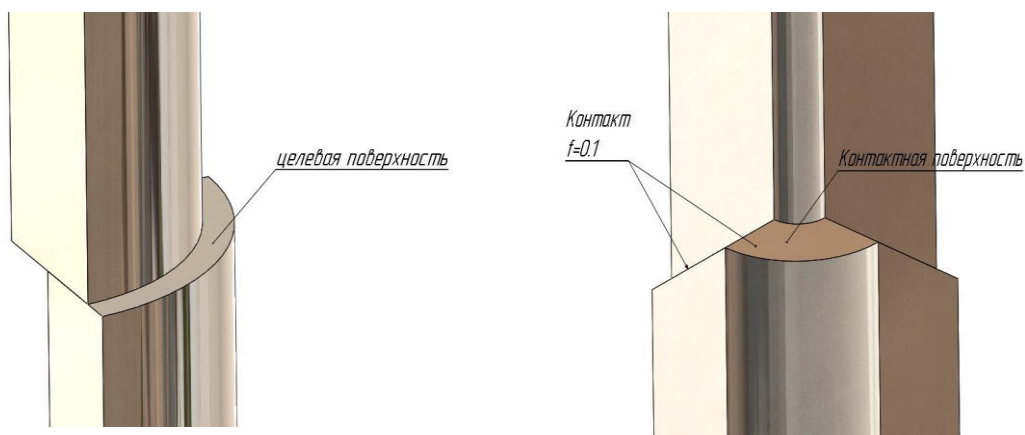


Рисунок 2.17-Схема- Заготовка-Опора контактных пар

Details of "Frictional - Zaro To Onop"	
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Contact	1 Face
Target	1 Face
Contact Bodies	Zaro
Target Bodies	Onop
Protected	No
Definition	
Type	Frictional
Friction Coefficient	0.1

Рисунок 2.18-Схема описание параметры настройки Заготовка-Опора контактных пар

Рисунок 2.17-2.18 показывает процесс контакта между опорой и заготовкой. В этом процессе внешняя поверхность заготовки определяется как “Contact surface”, а опора – “target surface”.

В соответствии с фактическими условиями испытаний установите коэффициент трения контакта на 0,1.

2.2. Описание приспособления для дорнования

При дорновании глубоких отверстий малого диаметра необходимо использовать специальное приспособление. Оно должно обеспечивать поддержание подвергающегося продольному изгибу толкателя и минимальный уровень действующих на дорн изгибающих нагрузок, а также позволять использовать комплект дорнов, необходимый для обеспечения качества и высокой точности поверхности отверстия.

Он состоит из основания 14, в котором установлены две стойки 15 и

закреплены гайками 9. Опорная пластина 16 размещена на этих стойках, а сменная опорная втулка 8 снабжена зазором, на котором основан образец 7. , Сверху образец 7 прижимается подвижной пластиной 17, размещенной на стойке 15.

Фторопластовая втулка 6 вдавливается, и оправка 5 устанавливается с натягом. Groove. Две канавки вдоль края используются для размещения узла поддержки на вертикальных 15.

Центральная канавка используется для толкания толкающего стержня 4, а левая и правая канавки используются для размещения двух лапш 20 для прокатки. Нижняя часть лапши 20 для прокатки закреплена винтами 1. Вершина Лапши связана. Через перекладину 13 закреплены винты 12

Принцип работы устройства заключается в следующем. Пример 7 установлен. Отверстие в опорной втулке 8 затем прижимается к верхней с помощью подвижной пластины 17. В этом случае оси отверстия в образце 7 и отверстия во втулке 6 объединяются. Поместите оправку 5 во фторопластовую втулку 6, а затем установите опорный узел толкателя сверху. Толкатель 4 помещается в центральном призматическом пазе опорного узла, и скалка 20, к которому провод 3 закреплен помещаются в пазе расположена симметрично. В отверстии в образце 7, оправка 5 попадет в отверстие в опорной втулке 6, и толкатель 4 падает там. Затем прокатки лапши 20 с поперечиной 3 удаляется из опорного узла толкателя, а затем сам опорный узел удаляется. Удалите обработанный образец 7 и установите следующий образец, затем повторите цикл сгорания.

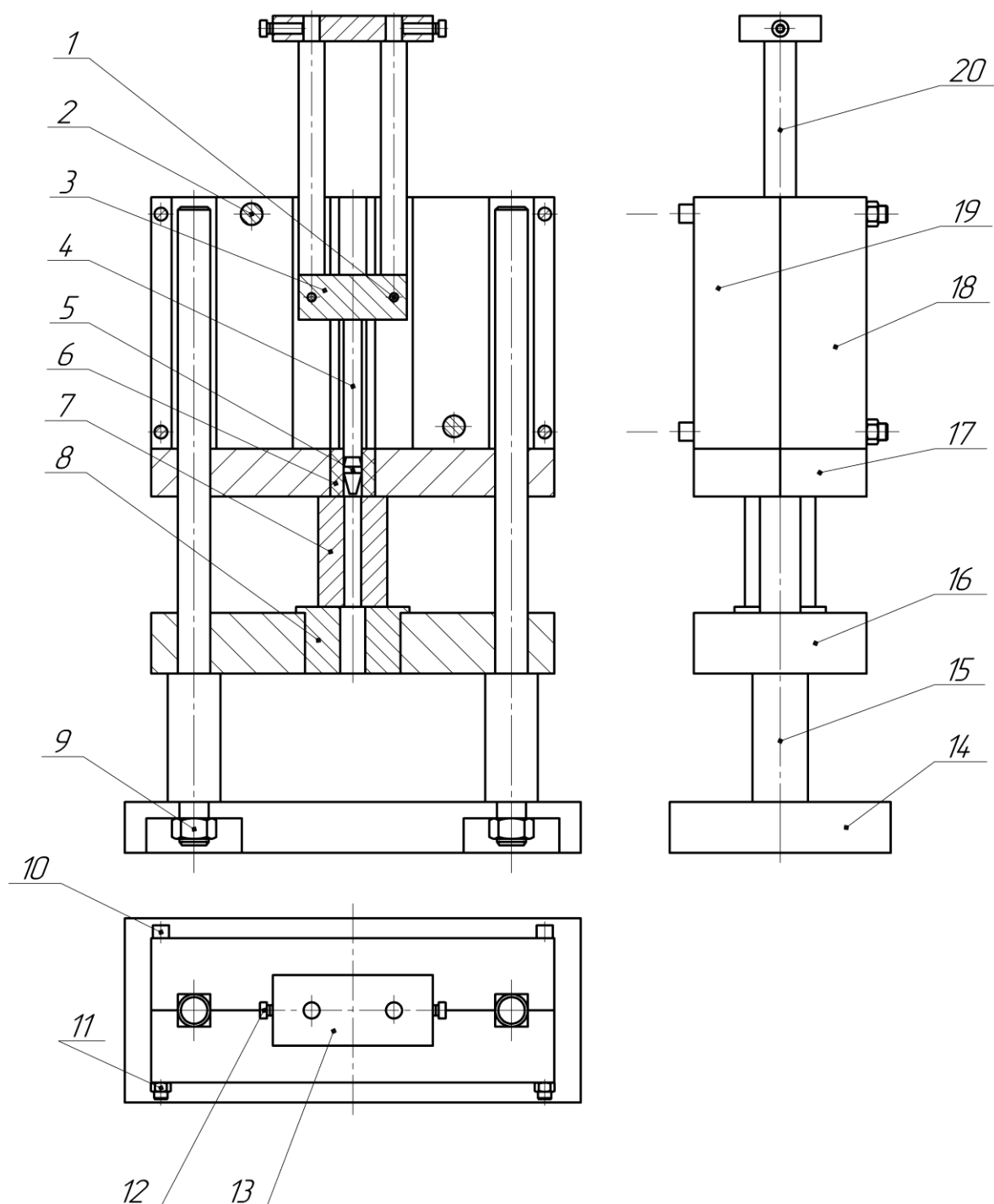


Рисунок 2.19-Приспособление для дорнования глубоких отверстий малого диаметра

2.3.Метод расчета остаточного напряжения

Метод G. Sachs состоит в том, чтобы сверлить или поворачивать цилиндр слой за слоем, измеряя окружную и осевую деформацию на наружном или внутреннем диаметре, соответственно, и позволяя определять окружные, радиальные и осевые остаточные напряжения одновременно. Обратите внимание

[13], что этот метод очень трудоемкий и трудоемкий, и из-за небольшого напряжения, которое следует учитывать, он предъявляет высокие требования к технике измерения. В случае, когда необходимо определить только остаточное напряжение, выгодно использовать Н.Н. Способы снижения сложности и экономии времени. Давиденкова ограничилась разрезанием цилиндра вдоль образующей и измерением изменения медианного диаметра без необходимости впоследствии удалять слой металла слой за слоем с внутренней поверхности цилиндра.

При использовании метода Н.Н. для оценки окружного остаточного напряжения, Давиденкова,

Только для резки образцов вдоль автобуса, необходимо определить Только σ_1 . Формула расчета σ_1 выглядит следующим образом [5, 104]:

$$\sigma_1 = \frac{1}{1 - \mu^2} \cdot \frac{E}{D_c - 2 \cdot \gamma} \cdot \left(\frac{b - \frac{t}{2} + \gamma}{b - \frac{t}{2} + \frac{D_c}{2}} \right) \cdot \Delta D_c = \sigma_\theta$$

Где E - модуль упругости материала образца, МПа; отношение μ -Пуассона
Материал образца D_c - диаметр средней поверхности образца, мм; γ - расстояние от нейтральной оси поперечного сечения стенки образца до его центра тяжести, мм; t - толщина стенки образца, мм; b - поперечное сечение образца в образце. Расстояние до поверхности, мм; ΔD_c - приращение диаметра средней поверхности образца при резке вдоль образующей, мм

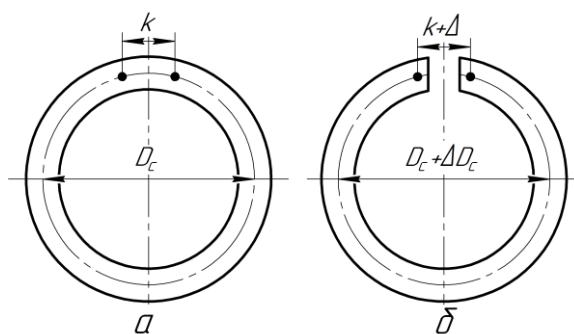


Рисунок -2.20-Изменение срединного диаметра образца при разрезке:

а—до разрезки;б—после разрезки

Рассматриваемое сечение

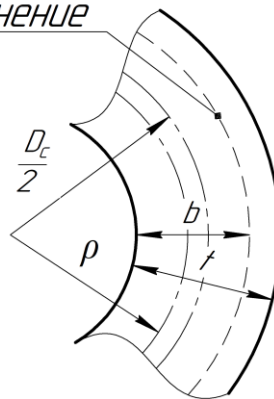


Рисунок -2.21 Координаты рассматриваемого сечения образца

Расстояние γ находили по формуле:

$$\gamma = R_c - \rho = \frac{D_c}{2} - \frac{t}{\ln \frac{D}{D - 2 \cdot t}}$$

Где R_c - радиус срединной поверхности образца, мм; ρ - радиус нейтрального слоя образца, мм; D - внешний диаметр образца, мм (при резке он обычно считается постоянным). Значение ΔD_c определяется приращением Δ расстояния k между отпечатками конического индентора с использованием соотношения $\Delta D_c = \Delta \pi$. Указанное расстояние до и после резки измеряли с помощью микроскопа УИМ-21, и значение градуировки составляло 1 мкм. Вырезать образцы на электроэрозионном станке с ЧПУ DK7725 (Китай).



Рисунок 2.22— Схема микроскопе УИМ-21 ЧПУ DK7725 (Китай)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ДОРНОВАНИИ ОТВЕРСТИЙ В ВТУЛОК

3.1. Исследовать влияние внутреннего диаметра опоры на распределении остаточные напряжения после дорнования втулок

Влияние исследования моделирования, в условиях нескольких различных радиусов отверстия опоры, после дорнования на распределении напряжений вокруг. Анализ Эпюры остаточных напряжений на три торце.

3.1.1. Эпюры остаточных напряжений ($\sigma_\theta, \sigma_r, \sigma_z$) на входном торце:

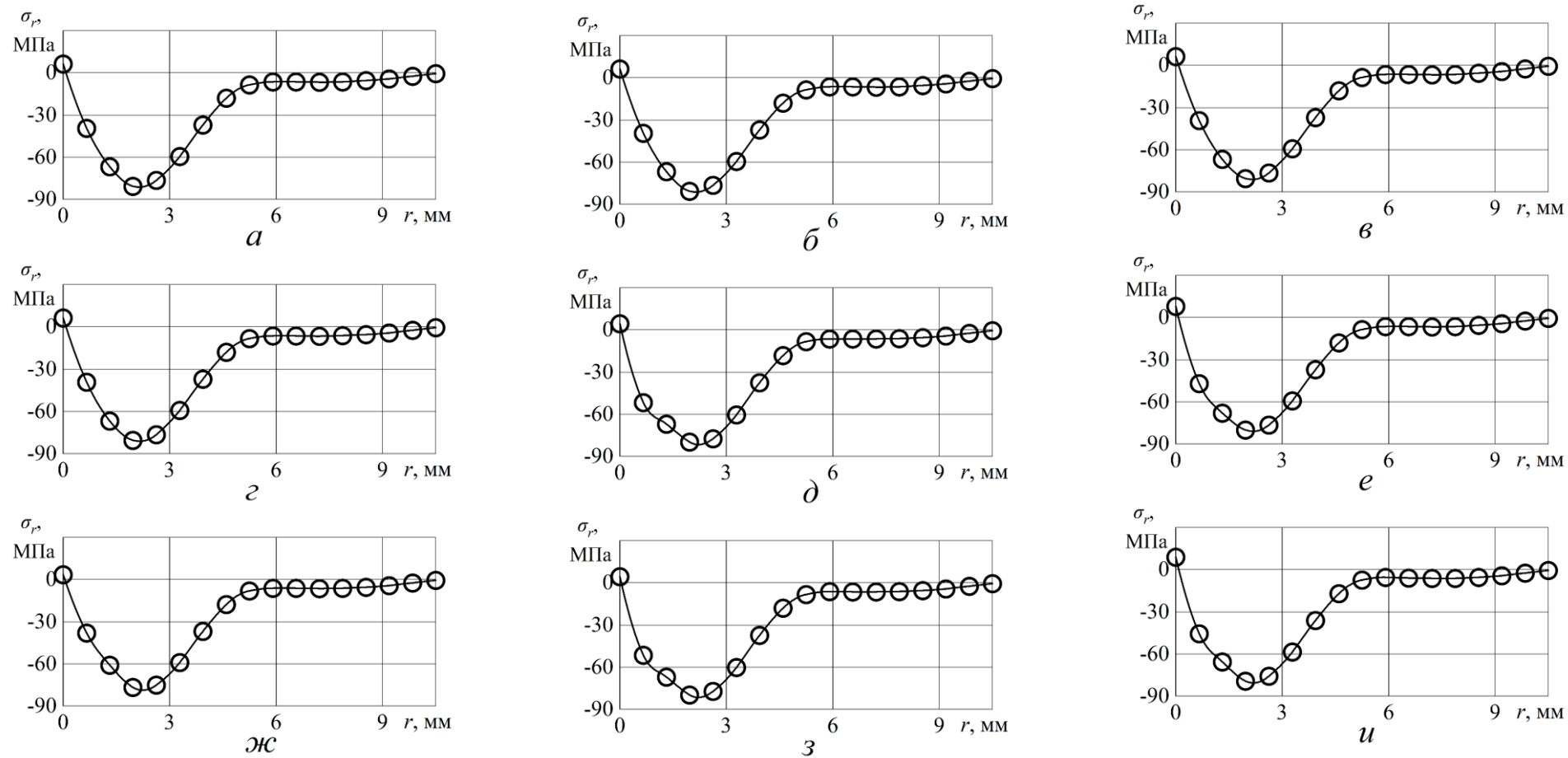


Рисунок 3.1—Эпюры радиальных остаточных напряжений на входном торце , (a) $d=5$; (б) $d=6$; (в) $d=7$; (г) $d=8$; (д) $d=9$; (е) $d=10$; (ж) $d=15$; (з) $d=20$; (и) $d=25$;

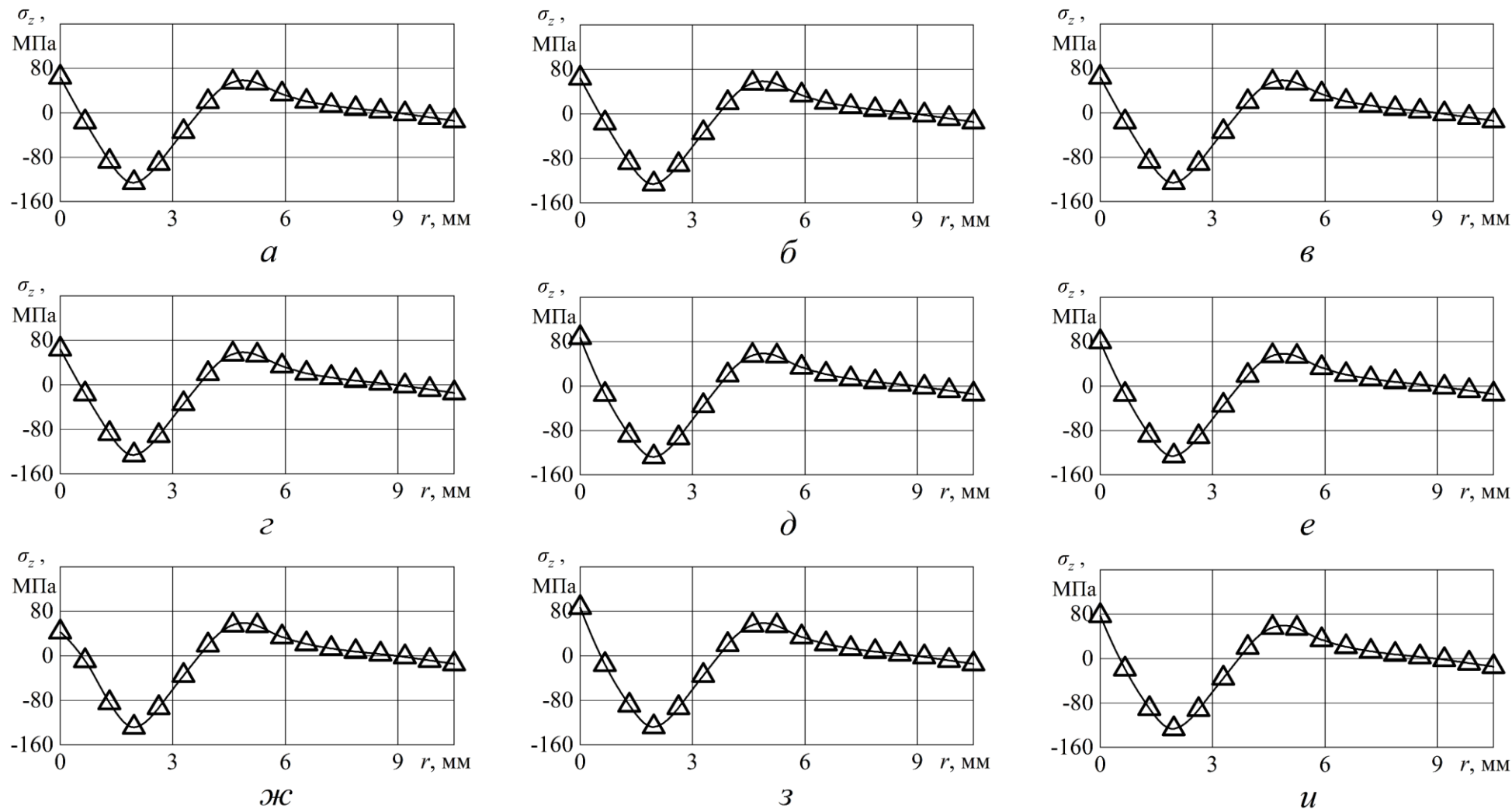


Рисунок 3.2—Эпюры осевых остаточных напряжений на входном торце , (a) $d=5$; (б) $d=6$; (в) $d=7$; (г) $d=8$; (д) $d=9$; (е) $d=10$; (ж) $d=15$; (з) $d=20$; (и) $d=25$;

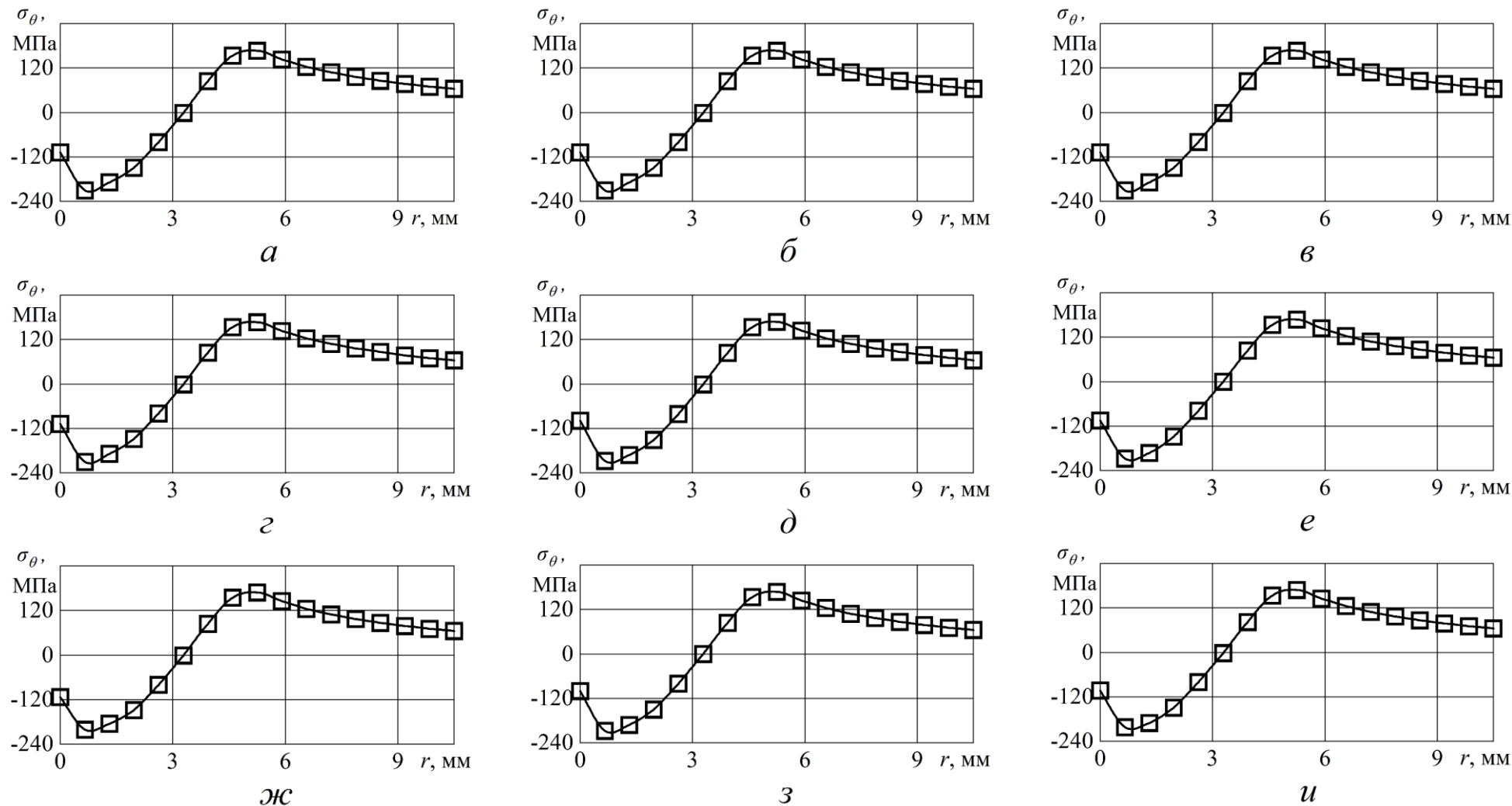


Рисунок 3.3—Эпюры окружных остаточных напряжений на входном торце, (а) $d=5$; (б) $d=6$; (в) $d=7$; (г) $d=8$; (д) $d=9$; (е) $d=10$; (ж) $d=15$; (з) $d=20$; (и) $d=25$;

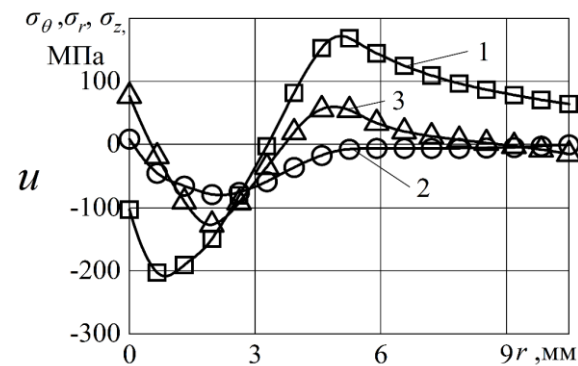
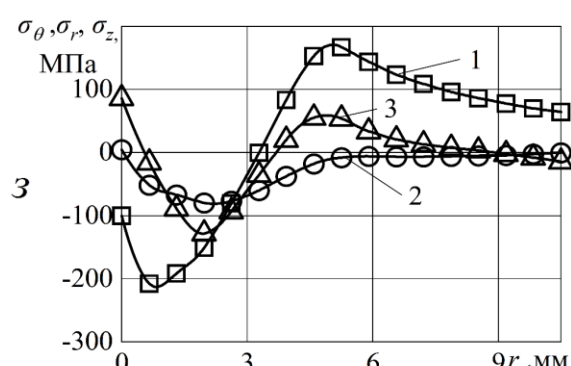
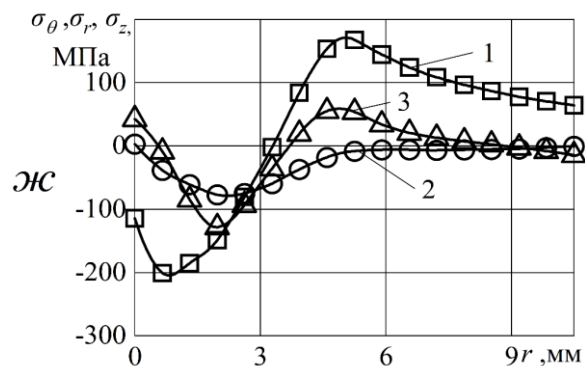
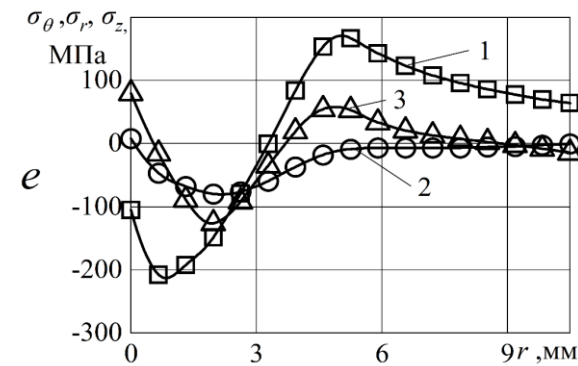
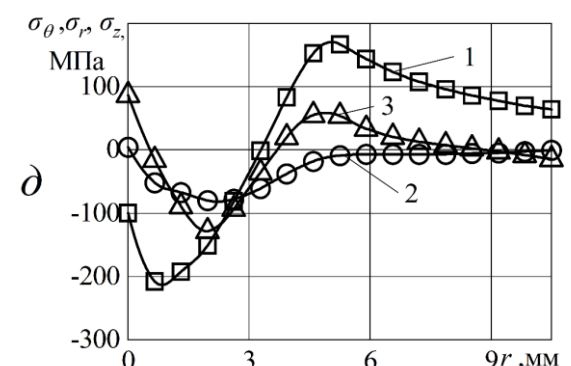
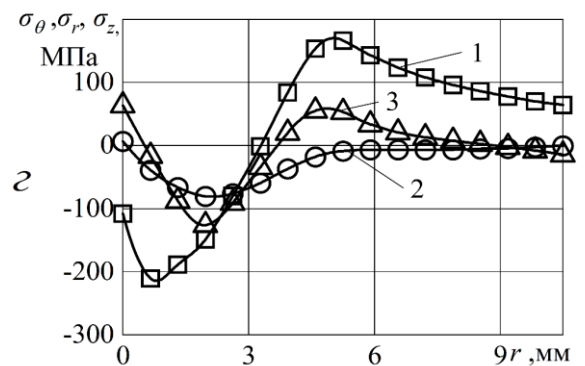
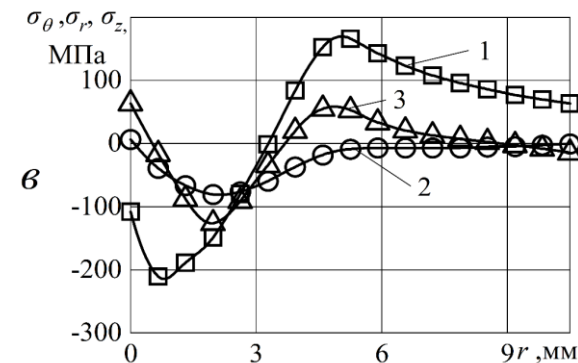
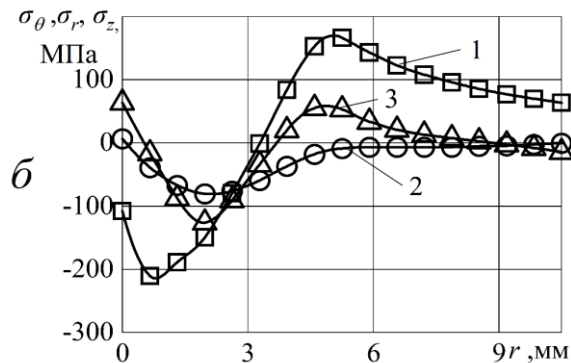
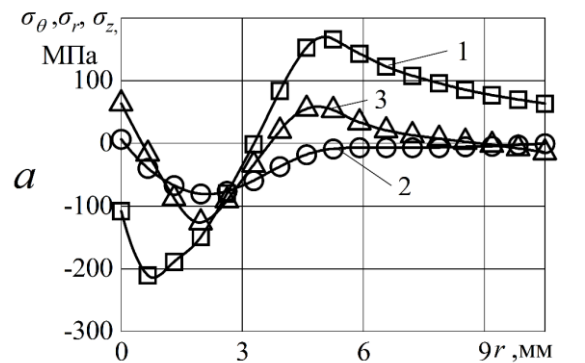


Рис3.4 Эпюры остаточная напряжения
(1) σ_θ ;(2) σ_r ;(3) σ_z (а) $d=5$;(б) $d=6$;(в) $d=7$;(г) $d=8$;(д) $d=9$;(е) $d=10$;(ж) $d=15$;(з) $d=20$;(и) $d=25$ на вход торце

3.1.2. Анализ эпюры остаточных напряжений ($\sigma_\theta, \sigma_r, \sigma_z$) на входном торце:

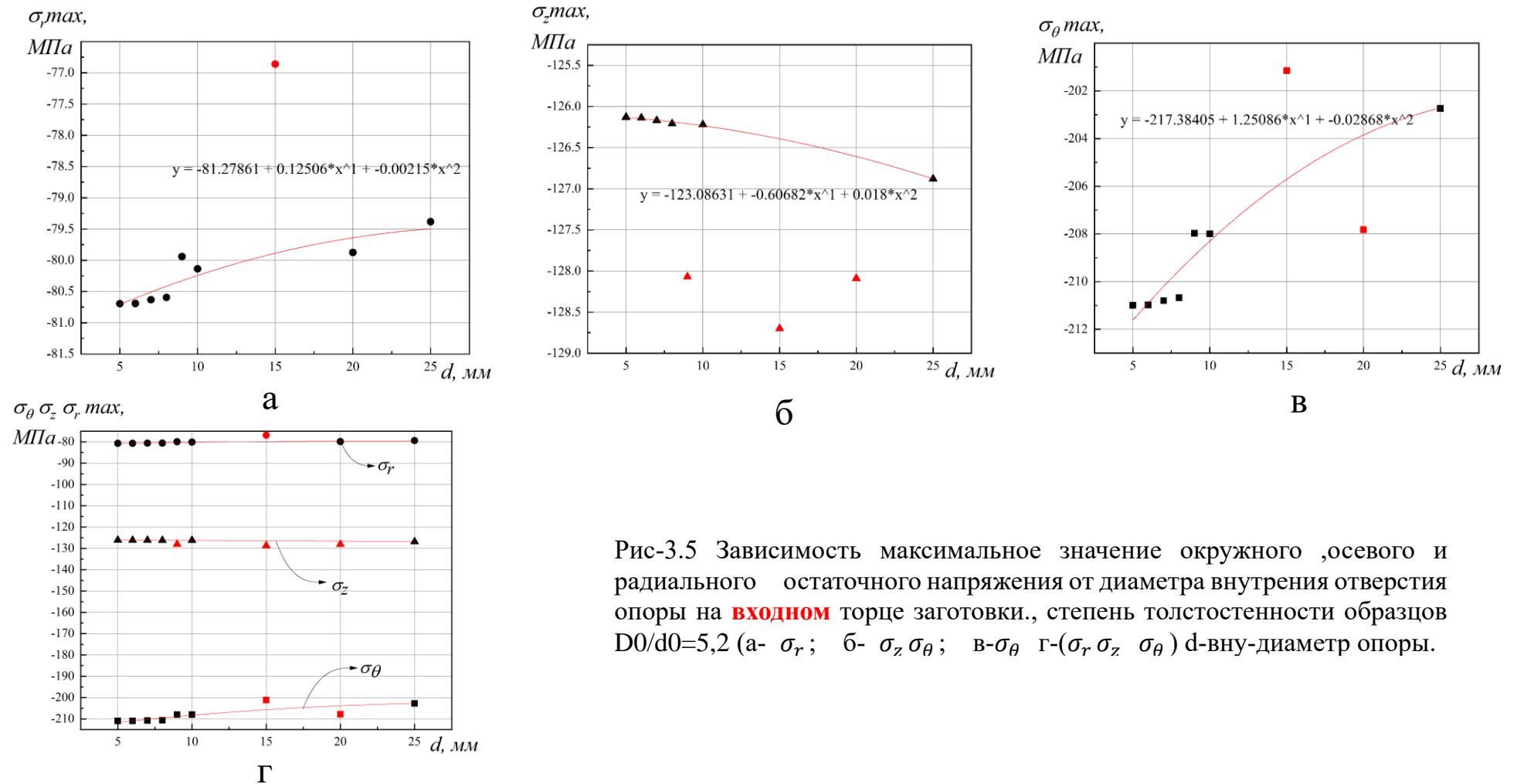


Рис-3.5 Зависимость максимальное значение окружного ,осевого и радиального остаточного напряжения от диаметра внутреннего отверстия опоры на **входном** торце заготовки., степень толстостенности образцов $D0/d0=5,2$ (а- σ_r ; б- σ_z σ_θ ; в- σ_θ г- (σ_r σ_z σ_θ) d-вну-диаметр опоры.

3.1.3. Вывод о остаточных напряжениях($\sigma_\theta, \sigma_r, \sigma_z$) на входном торце:

1) На входном торце при натяг $a=5\%$, степень толстостенности образцов $D_0/d_0 = 5,2$, Наибольшее радиальные остаточное напряжение(σ_r) и осевые остаточное напряжение(σ_z) всегда находиться на позиции $r=1,96\text{мм}$ (рис.3.1)

(рис.3.2) ; Наибольшая окружные остаточные напряжения(σ_θ) всегда находиться на позиции $r=0,66\text{мм}$. (рис.3.3)

2) На входном торце при натяг $a=5\%$, степень толстостенности образцов $D_0/d_0 = 5,2$; Диаметр отверстия в опоре $d_1 = 5\text{ мм}$, максимальное радиальные остаточное напряжение(σ_r) является наибольшим, составляет $-80,695\text{ МПа}$

(рис.3.5 а) ; при натяг $a=5\%$, Диаметр отверстия в опоре $d_1 = 15\text{ мм}$, максимальное осевые остаточное напряжение(σ_z) является наибольшим, составляет $-128,7\text{ МПа}$ (рис.3.5 б) ; при натяг $a=5\%$, Диаметр отверстия в опоре $d_1 = 5\text{ мм}$, максимальное окружные остаточное напряжение(σ_θ) является наибольшим, составляет $-210,99\text{ МПа}$

(рис.3.5 в) ; Точка данных $d_1 = 15$ может быть «точкой разрыва», вызванной отсутствием моделирования. Наибольшее влияние диаметр отверстия в опоре d_1 оказывает на максимальное окружные остаточные напряжения(σ_θ), других максимальное остаточных напряжения не сильно изменились.(рис.3.5)

4) В целом, диаметр отверстия в опоре слабо влияет на величину формирующихся при дорновании толстостенных втулок остаточных напряжений на входном торце.

3.1.4. Эпюры остаточных напряжений ($\sigma_\theta, \sigma_r, \sigma_z$) на средине торце:

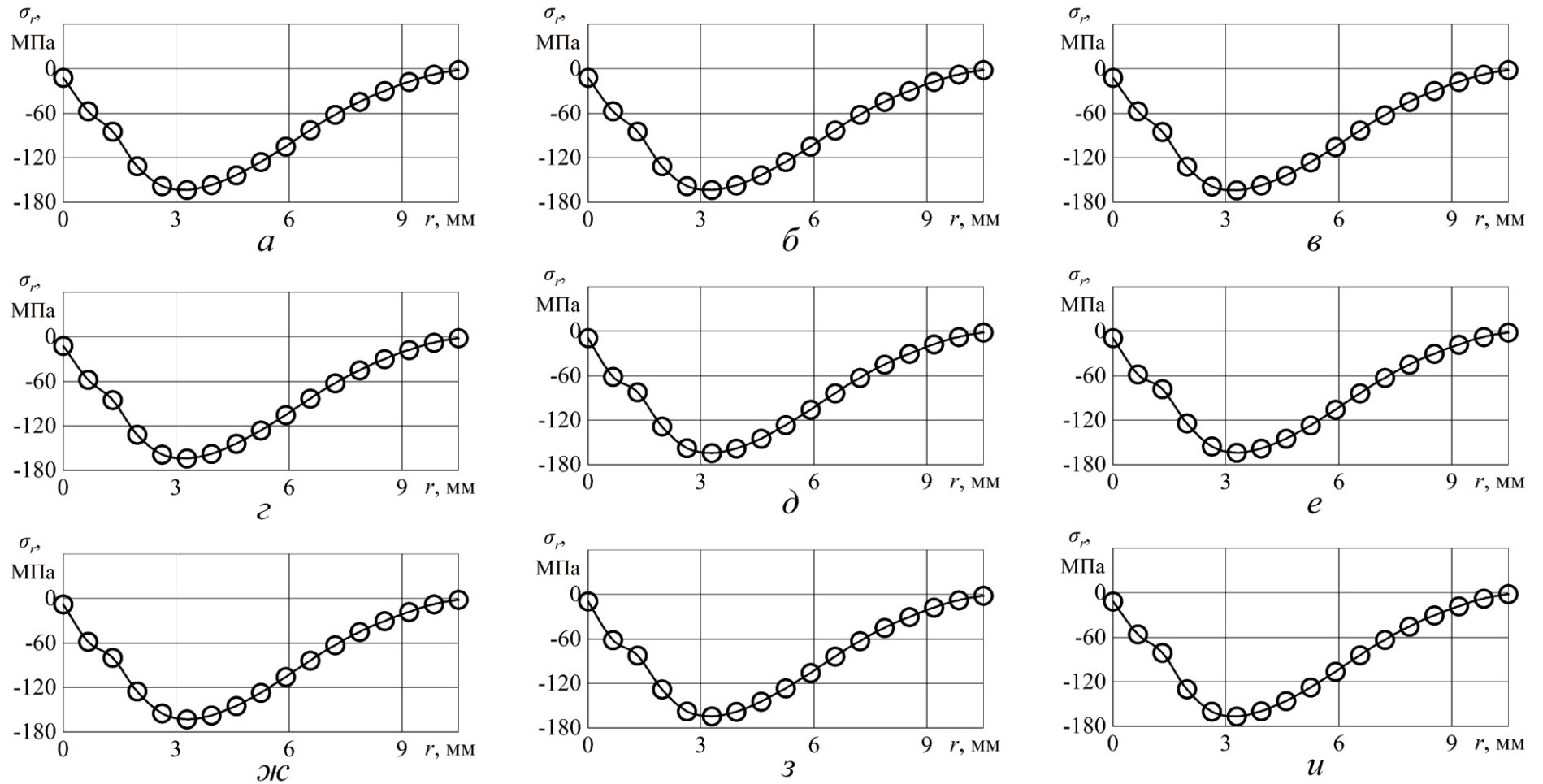


Рисунок 3.6—Эпюры радиальных остаточных напряжений на средине торце, (а) $d=5$; (б) $d=6$; (в) $d=7$; (г) $d=8$; (д) $d=9$; (е) $d=10$; (ж) $d=15$; (з) $d=20$; (и) $d=25$;

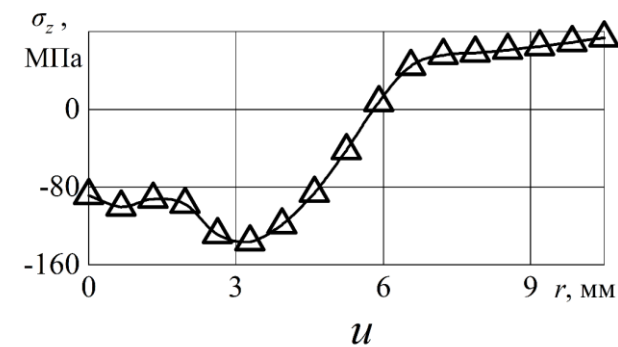
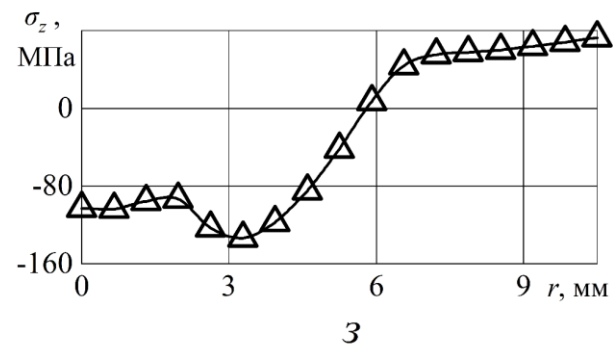
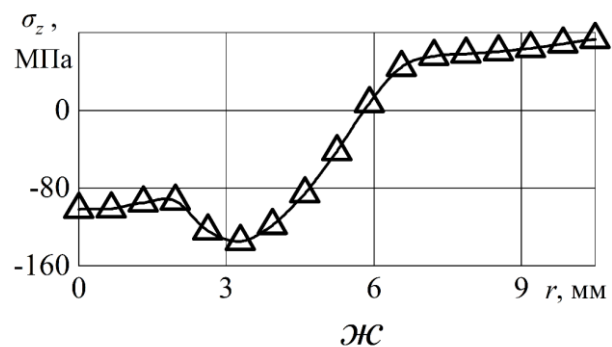
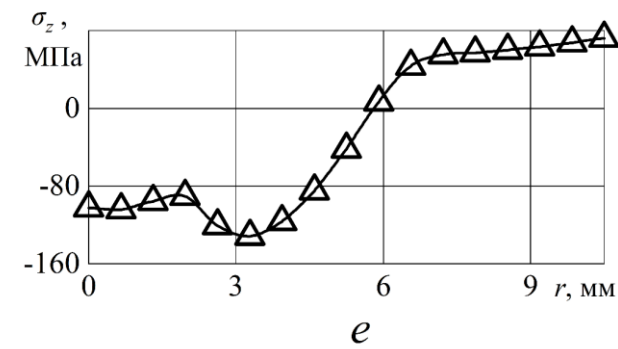
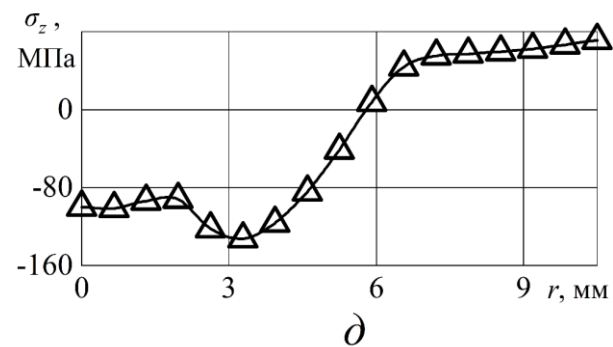
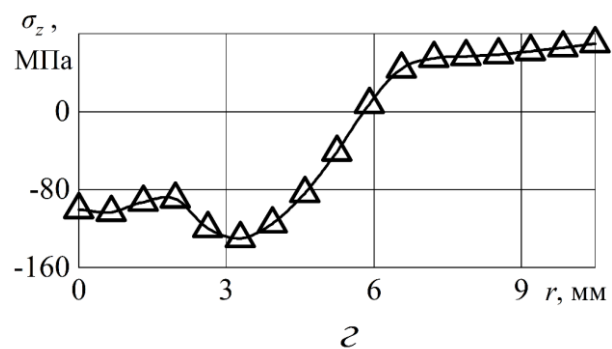
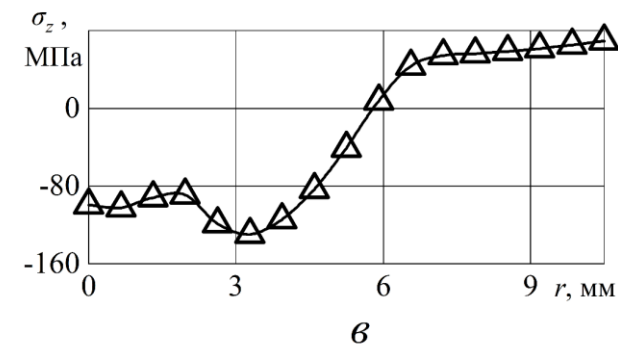
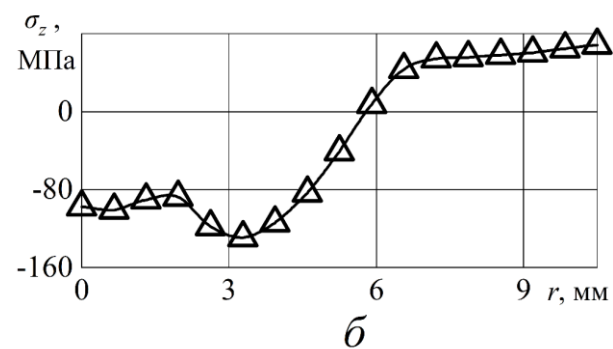
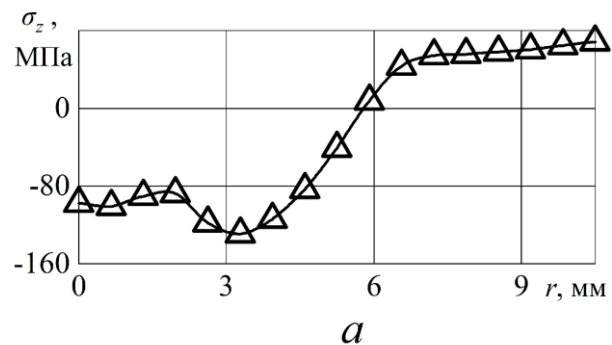
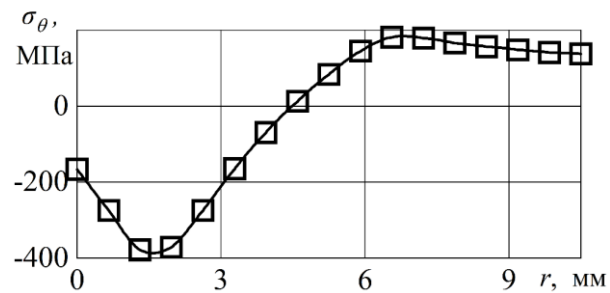
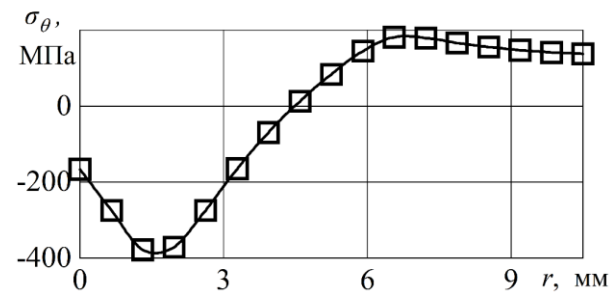


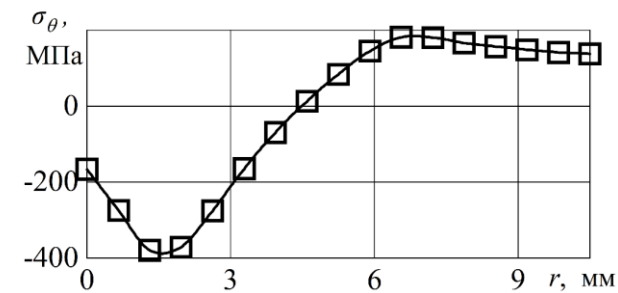
Рисунок 3.7—Эпюры осевых остаточных напряжений на средний торце, (а) $d=5$; (б) $d=6$; (в) $d=7$; (г) $d=8$; (д) $d=9$; (е) $d=10$; (ж) $d=15$; (з) $d=20$; (и) $d=25$;



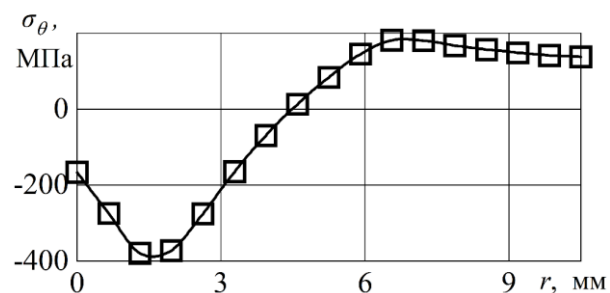
a



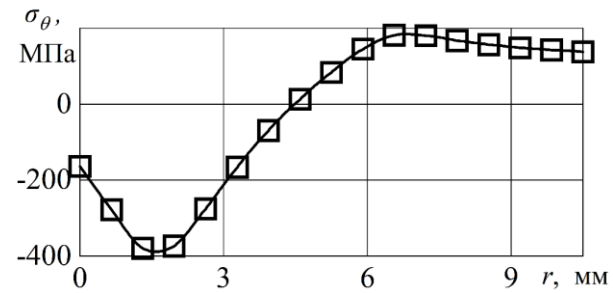
б



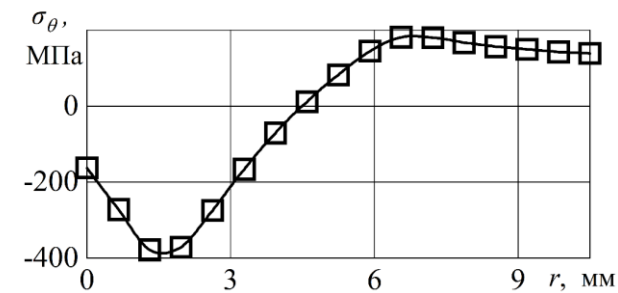
в



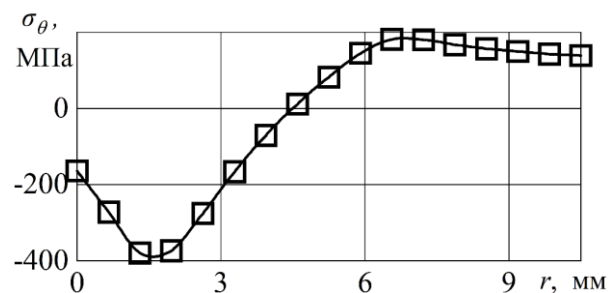
г



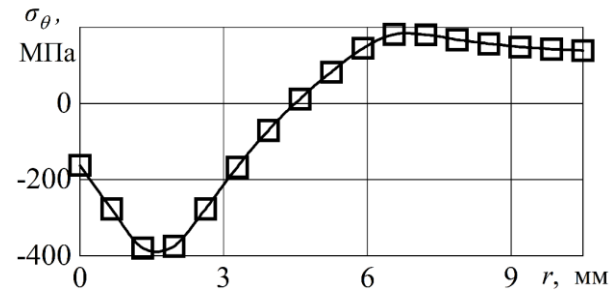
д



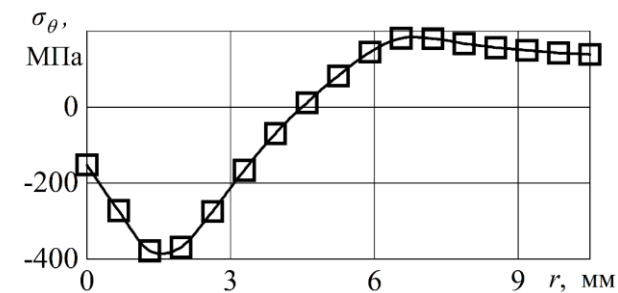
е



ж



з



и

Рисунок 3.8—Эпюры окружных остаточных напряжений на средний торце ,(*a*) $d=5$; (*б*) $d=6$; (*в*) $d=7$; (*г*) $d=8$; (*д*) $d=9$; (*е*) $d=10$; (*ж*) $d=15$; (*з*) $d=20$; (*и*) $d=25$;

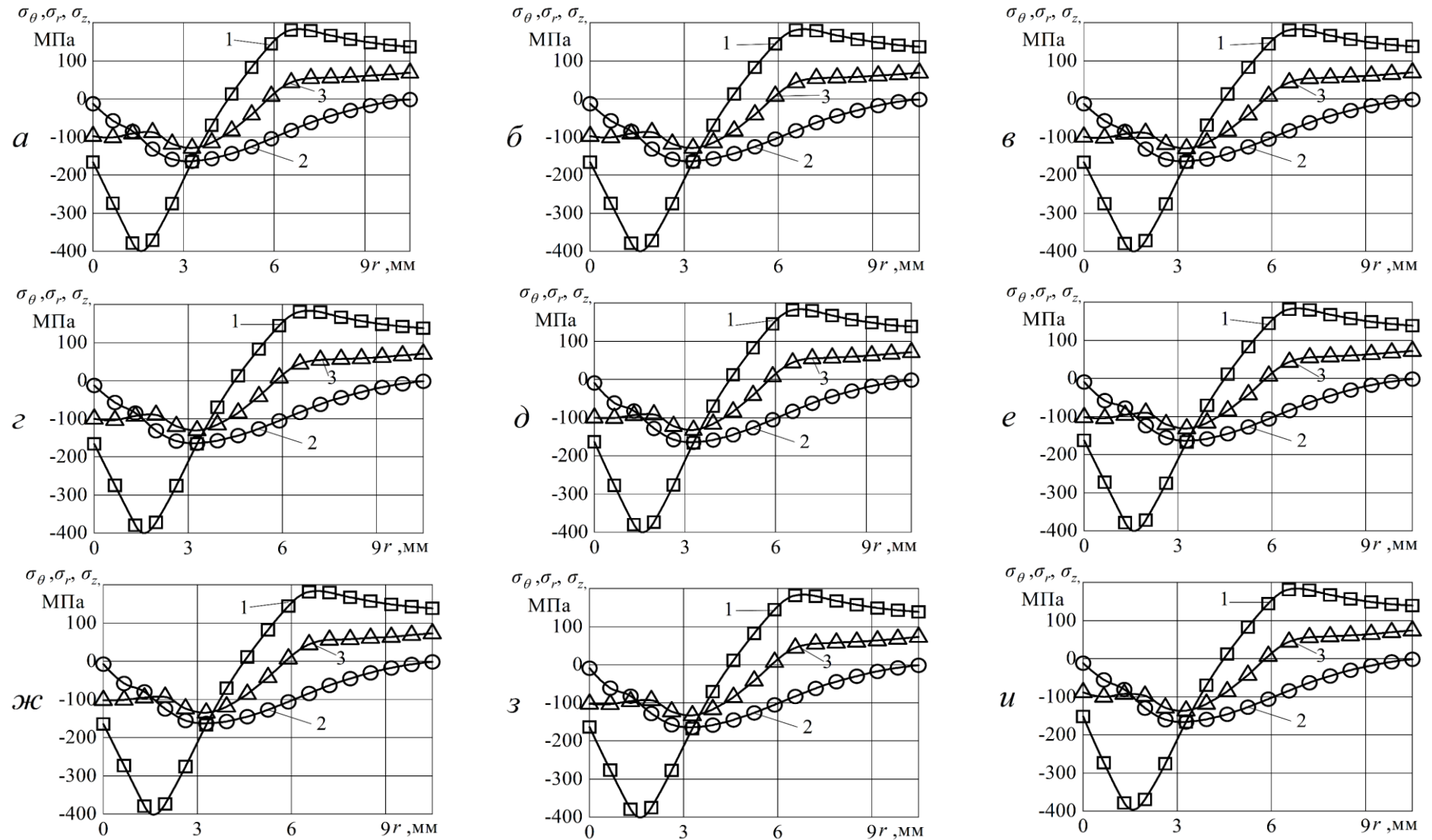


Рис.3.9 Эпюры остаточная напряжения (1) σ_θ ; (2) σ_r ; (3) σ_z (а) $d=5$; (б) $d=6$; (в) $d=7$; (г) $d=8$; (д) $d=9$; (е) $d=10$; (ж) $d=15$; (з) $d=20$; (и) $d=25$ на средине торце

3.1.5. Анализ эпюры остаточных напряжений ($\sigma_\theta, \sigma_r, \sigma_z$) на среди торце:

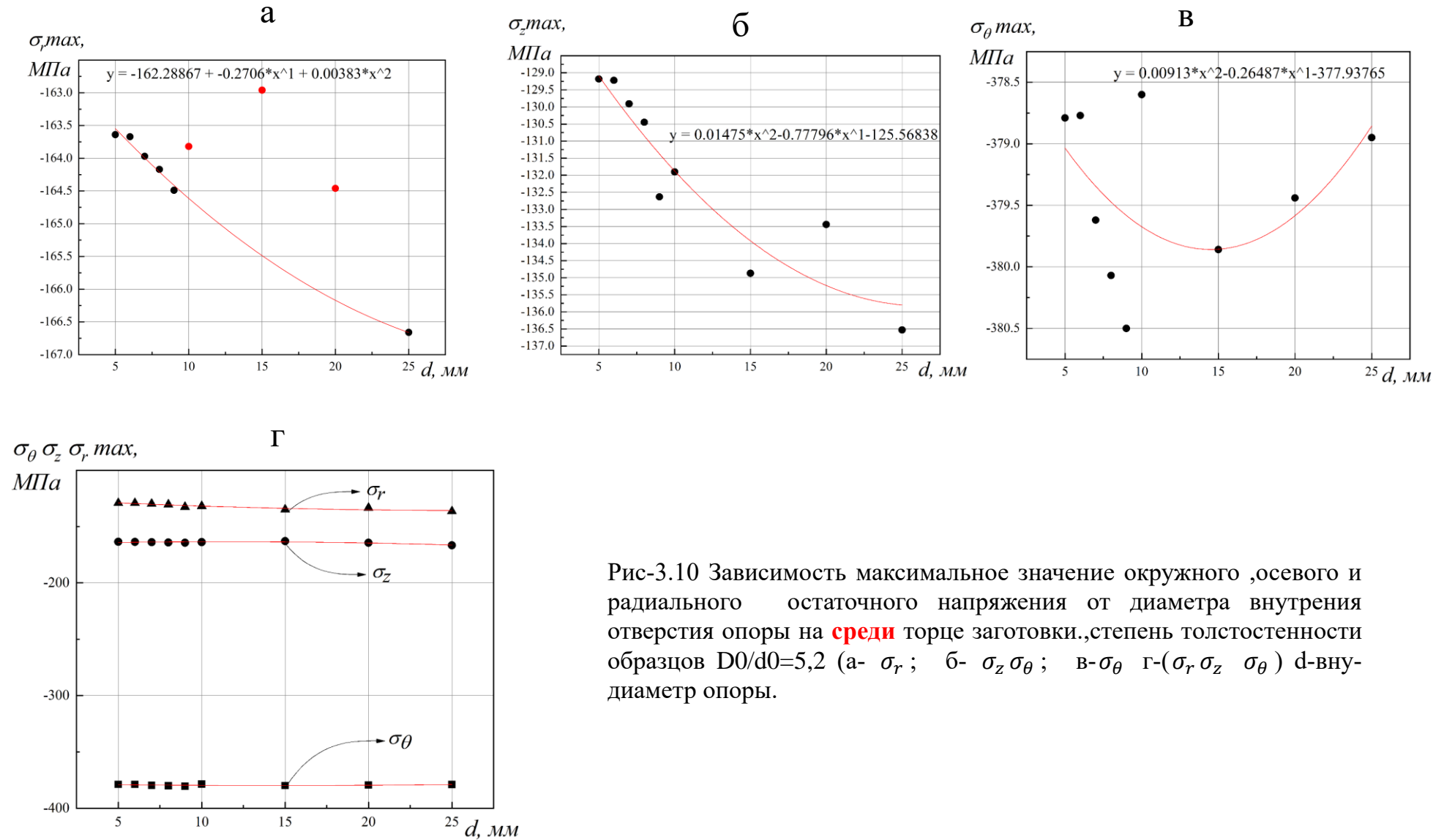


Рис-3.10 Зависимость максимальное значение окружного ,осевого и радиального остаточного напряжения от диаметра внутреннего отверстия опоры на **среде** торце заготовки., степень толстостенности образцов $D0/d0=5,2$ (а- σ_r ; б- $\sigma_z \sigma_\theta$; в- σ_θ г- ($\sigma_r \sigma_z \sigma_\theta$) d-внутренний диаметр опоры.

3.1.6. Вывод о остаточных напряжениях($\sigma_\theta, \sigma_r, \sigma_z$) на среди торце:

1) На средний торце при натяг $a=5\%$, степень толстостенности образцов $D_0/d_0 = 5,2$, Наибольшее радиальные остаточное напряжение(σ_r) и осевые остаточное напряжение(σ_z) всегда находиться на позиции $r=3,28$ мм (рис.3.6) (рис.3.7); Наибольшая окружные остаточные напряжения(σ_θ) всегда находиться на позиции $r=1,31$ мм. (рис.3.8)

2) На средний торце при натяг $a=5\%$, степень толстостенности образцов $D_0/d_0 = 5,2$; Диаметр отверстия в опоре $d_1 = 25$ мм, максимальное радиальные остаточное напряжение(σ_r) является наибольшим, составляет $-166,66$ МПа(рис.3.10 а); При натяг $a=5\%$, Диаметр отверстия в опоре $d_1 = 25$ мм, максимальное осевые остаточное напряжение(σ_z) является наибольшим, составляет $-136,53$ МПа(рис.3.10 б) ; При натяг $a=5\%$, Диаметр отверстия в опоре $d_1 = 9$ мм, максимальное окружные остаточное напряжение(σ_θ) является наибольшим, составляет $-380,5$ МПа(рис.3.5 в) ; Наибольшее влияние диаметр отверстия в опоре d_1 оказывает на максимальное осевые остаточное напряжение(σ_z), других остаточных напряжения не сильно изменились. (рис.3.10)

3) В целом диаметр отверстия в опоре слабо влияет на величину формирующихся при дорновании толстостенных втулок остаточных напряжений на среди торце.

3.1.7. Эпюры остаточных напряжений ($\sigma_\theta, \sigma_r, \sigma_z$) на выходном торце

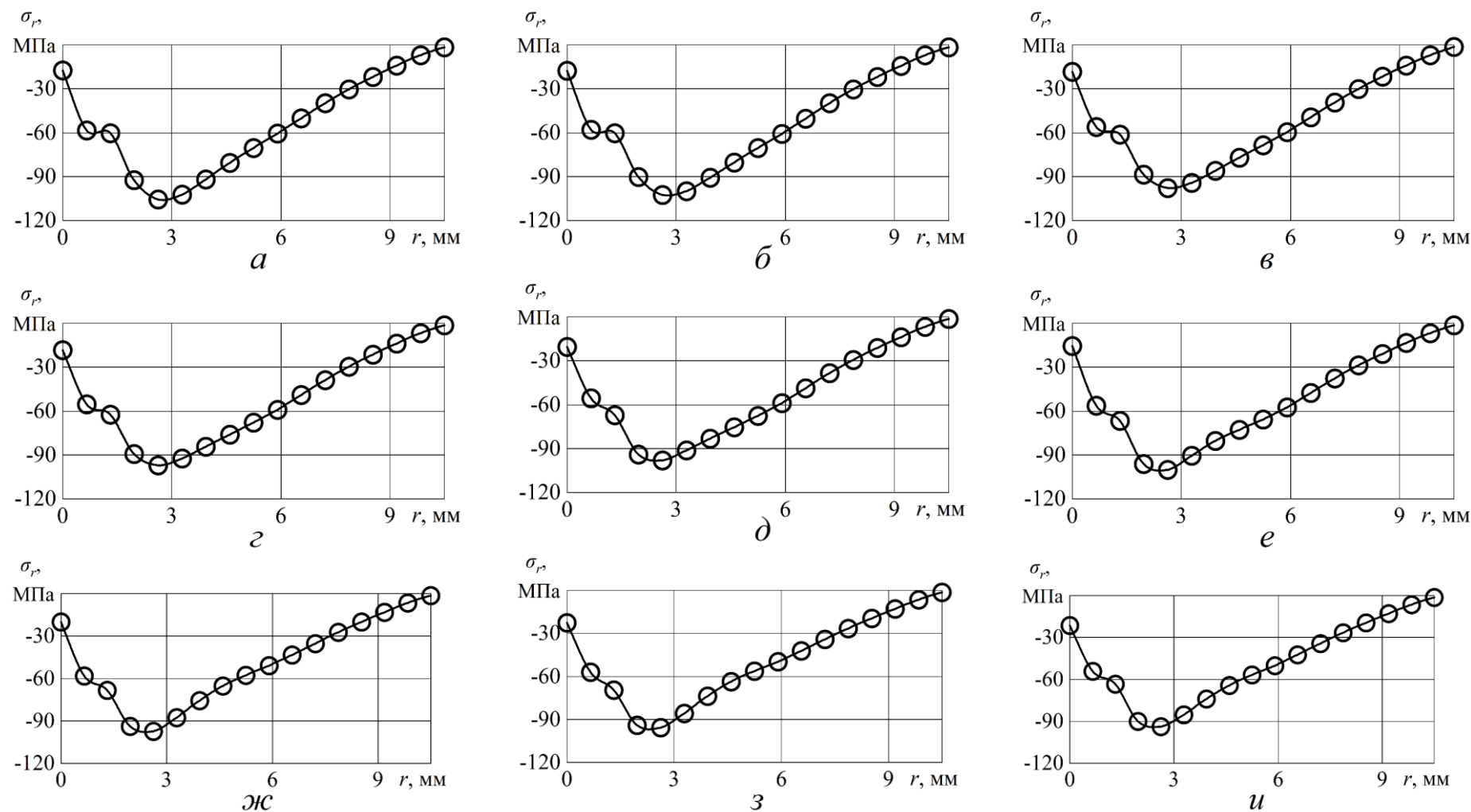
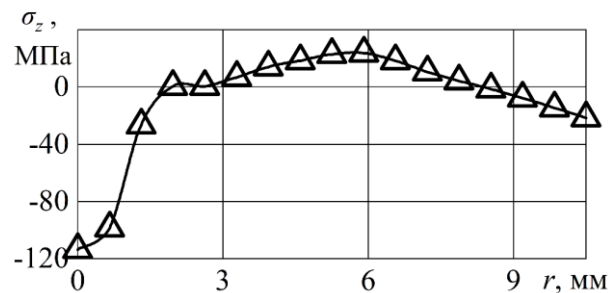
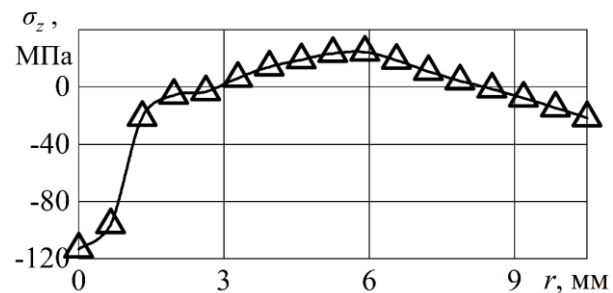


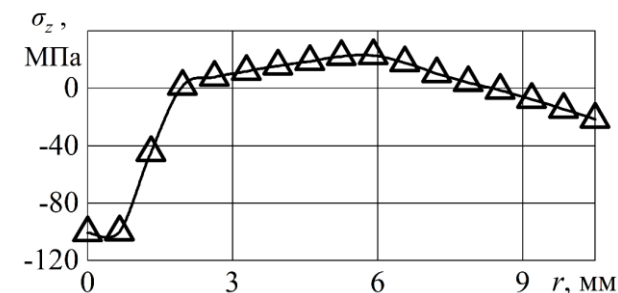
Рисунок 3.11—Эпюры радиальных остаточных напряжений на выходом торце , (a) $d=5$; (б) $d=6$; (в) $d=7$; (г) $d=8$; (д) $d=9$; (е) $d=10$; (ж) $d=15$; (з) $d=20$; (и) $d=25$;



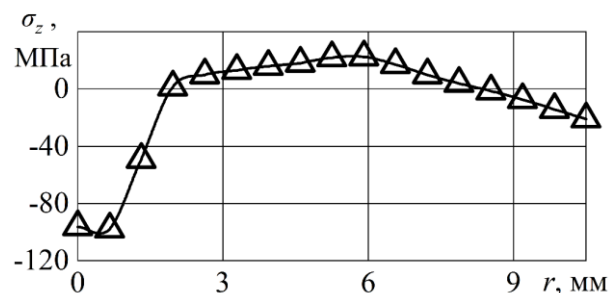
а



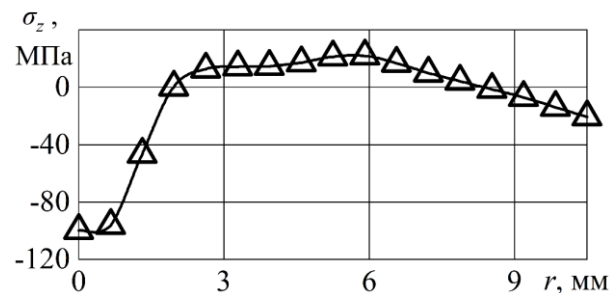
б



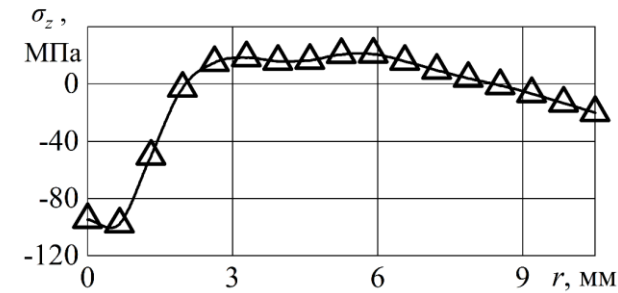
в



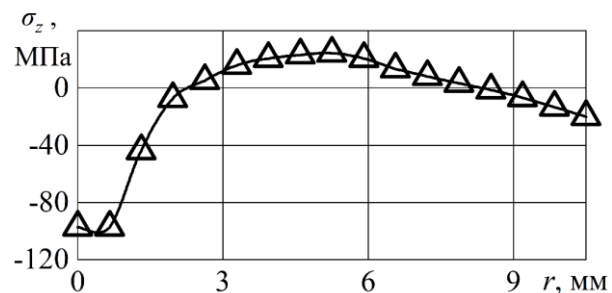
г



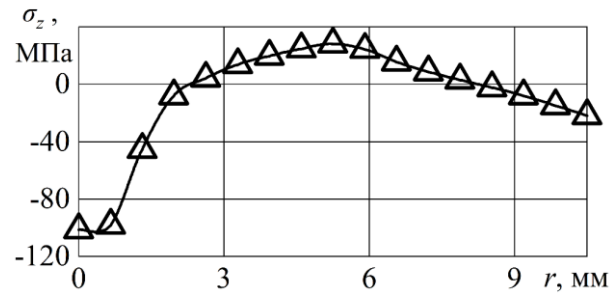
д



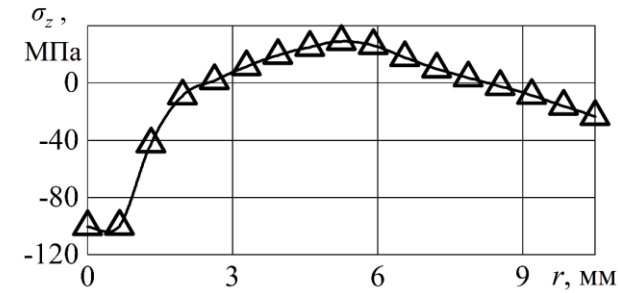
е



ж

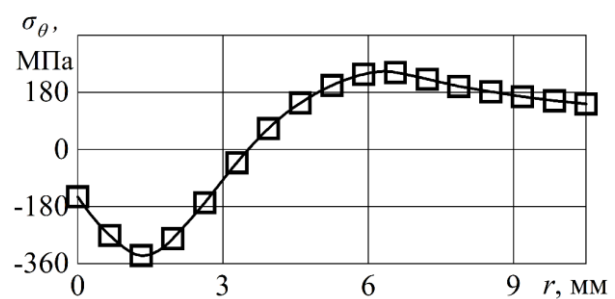


з

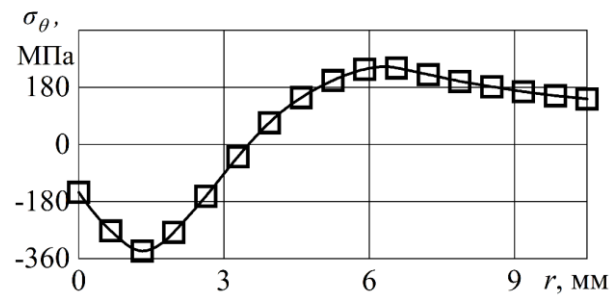


и

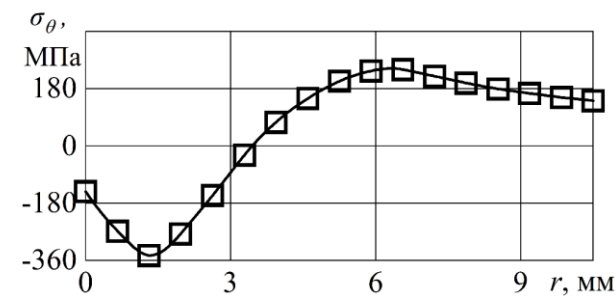
Рисунок 3.12—Эпюры радиальных осевых напряжений на выходе торце ,*(а)* $d=5$; *(б)* $d=6$; *(в)* $d=7$; *(г)* $d=8$; *(д)* $d=9$; *(е)* $d=10$; *(ж)* $d=15$; *(з)* $d=20$; *(и)* $d=25$;



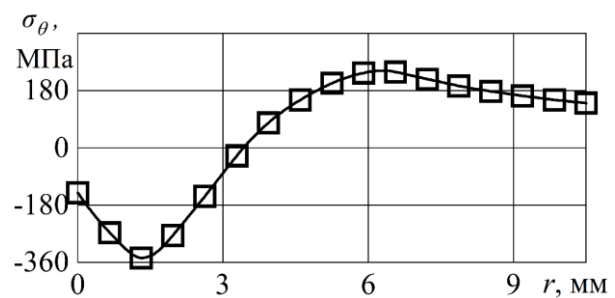
a



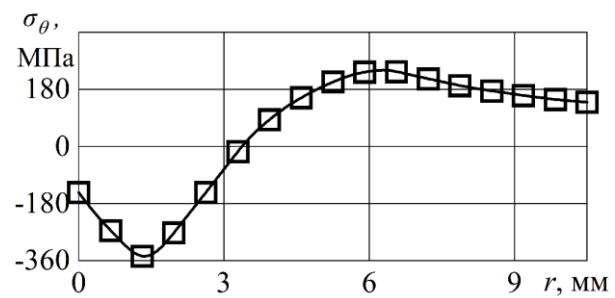
б



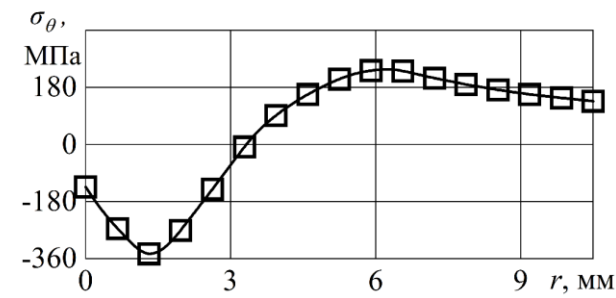
в



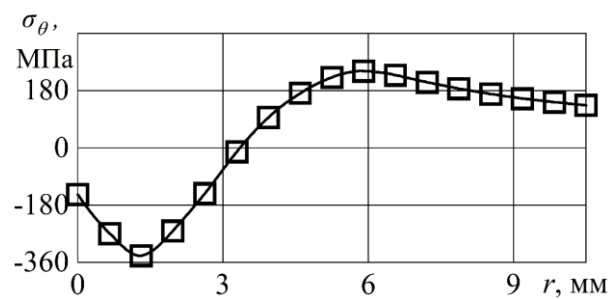
г



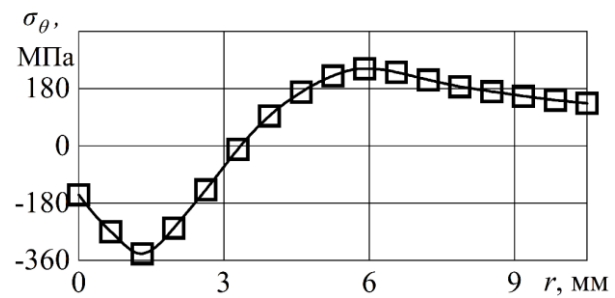
д



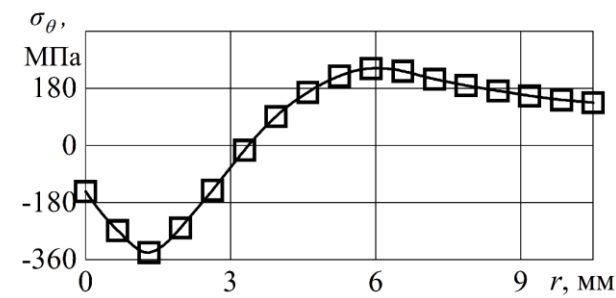
е



ж



з



и

Рисунок 3.13—Эпюры окружных осевых напряжений на выходе торце ,*(a)* $d=5$; *(б)* $d=6$; *(в)* $d=7$; *(г)* $d=8$; *(д)* $d=9$; *(е)* $d=10$; *(ж)* $d=15$; *(з)* $d=20$; *(и)* $d=25$;

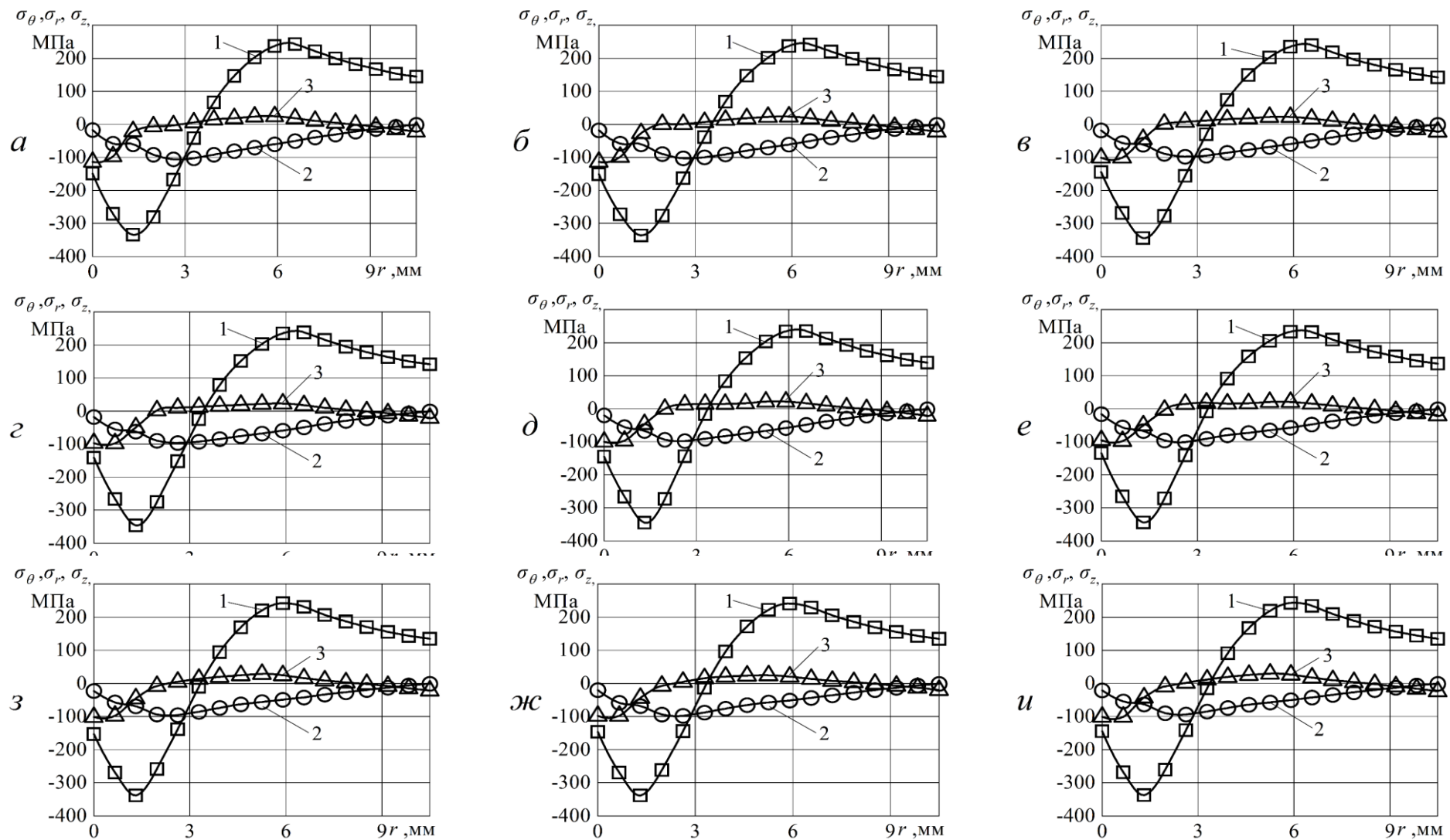
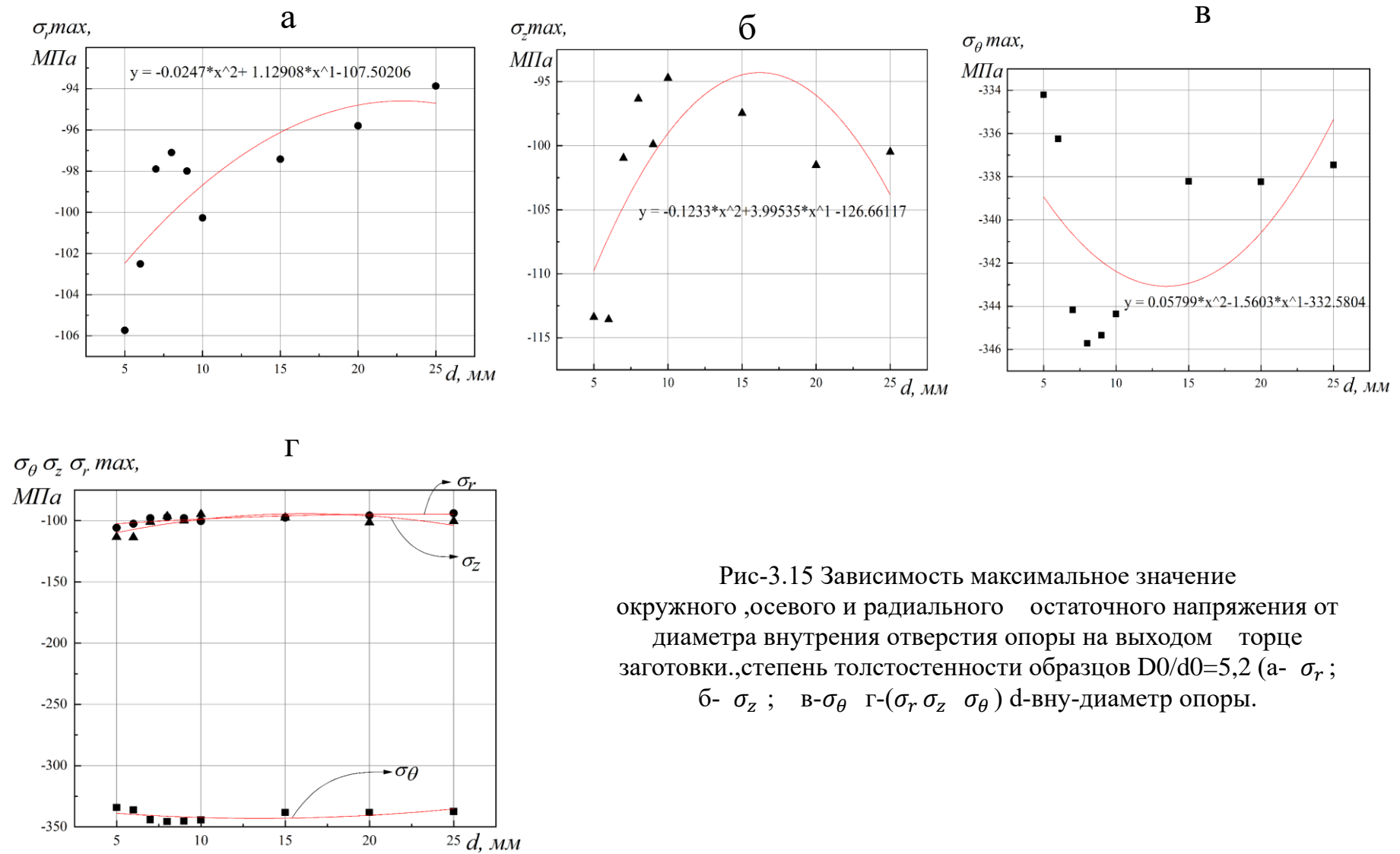


Рис3.14 Эпюры остаточная напряжения (1) σ_θ ;(2) σ_r ;(3) σ_z (а) $d=5$;(б) $d=6$;(в) $d=7$;(г) $d=8$;(д) $d=9$;(е) $d=10$;(ж) $d=15$;(з) $d=20$;(и) $d=25$ на выход торце

3.1.8. Анализ эпюры остаточных напряжений ($\sigma_\theta, \sigma_r, \sigma_z$) на выходном торце



3.1.9. Вывод о остаточных напряжениях($\sigma_\theta, \sigma_r, \sigma_z$) на выходном торце:

1) На выходном торце при натяг $a=5\%$, степень толстостенности образцов $D_0/d_0 = 5,2$, Наибольшее радиальные остаточное напряжение(σ_r) всегда находится на позиции $r=2,63$ мм(рис.3.11); осевые остаточное напряжение(σ_z) всегда находится на позиции $r=0,65$ мм(рис.3.12) ; Наибольшая окружные остаточные напряжения(σ_θ) всегда находится на позиции $r=1,31$ мм. (рис.3.13)

2) На выходном торце при натяг $a=5\%$, степень толстостенности образцов $D_0/d_0 = 5,2$, Диаметр отверстия в опоре $d_1 = 5$ мм, максимальное радиальные остаточное напряжение(σ_r) является наибольшим, составляет $-105,73$ МПа(рис.3.15 а); При натяг $a=5\%$, Диаметр отверстия в опоре $d_1 = 6$ мм, максимальное осевые остаточное напряжение(σ_z) является наибольшим, составляет $-113,57$ МПа(рис.3.15 б); При натяг $a=5\%$, Диаметр отверстия в опоре $d_1 = 4$ мм, максимальное окружные остаточное напряжение(σ_θ) является наибольшим, составляет $-345,72$ МПа(рис.3.15 в); Наибольшее влияние диаметр отверстия в опоре d_1 оказывает на максимальное радиальные остаточное напряжение(σ_r) и максимальное окружные остаточные напряжения(σ_θ) , других остаточных напряжения не сильно изменились.

3) В целом диаметр отверстия в опоре слабо влияет на величину формирующихся при дорновании толстостенных втулок остаточных напряжений на выходном торце.

3.1.10. Эпюры радиальных остаточных напряжений

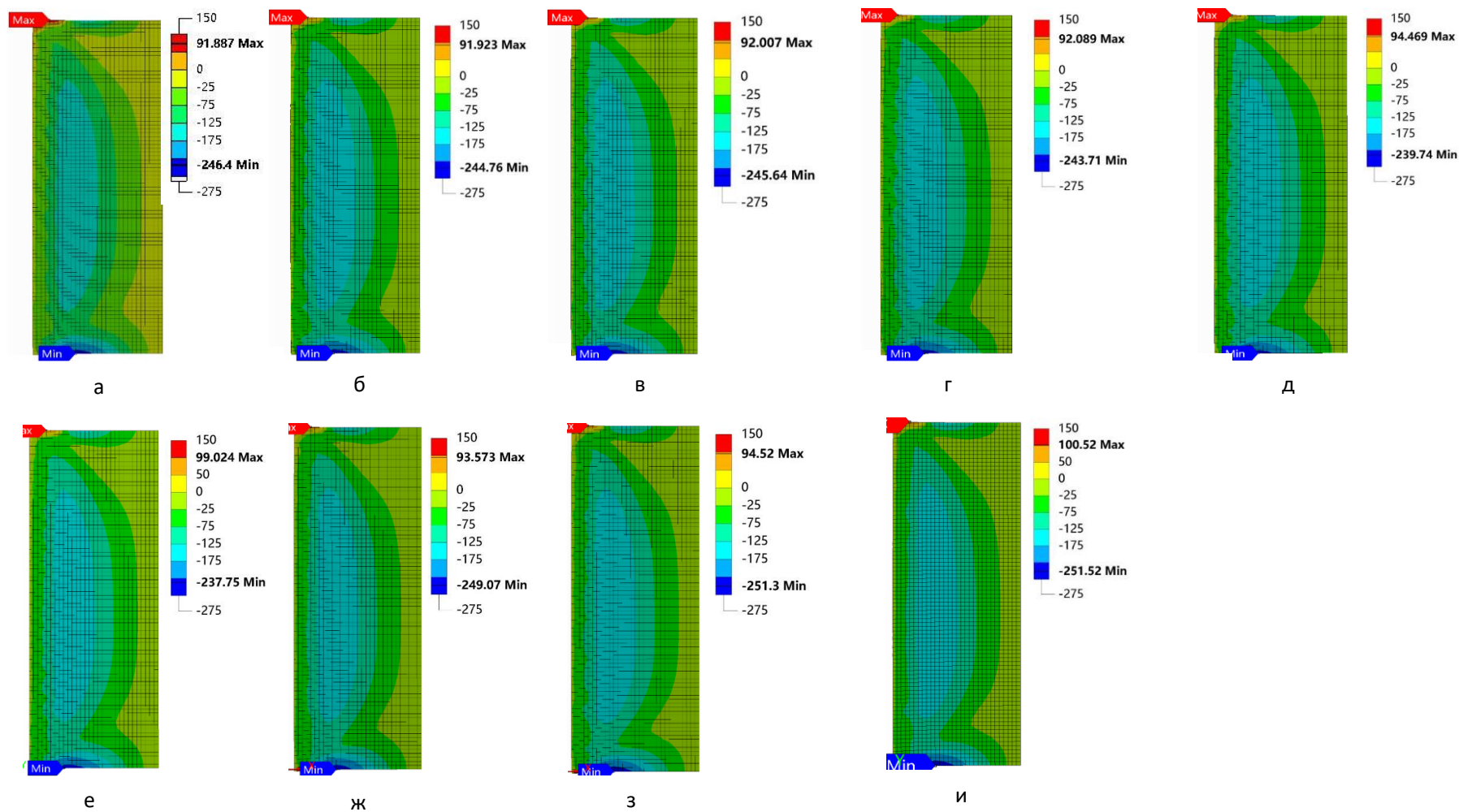


Рисунок 3.16—Эпюры радиальных остаточных напряжений, полученные по ANSYS (а— $d=5$; б— $d=6$; в— $d=7$; г— $d=8$; д— $d=9$; е— $d=10$; ж— $d=15$; з— $d=20$; и— $d=25$;))

3.1.11. Анализ эпюры радиальных остаточных напряжений

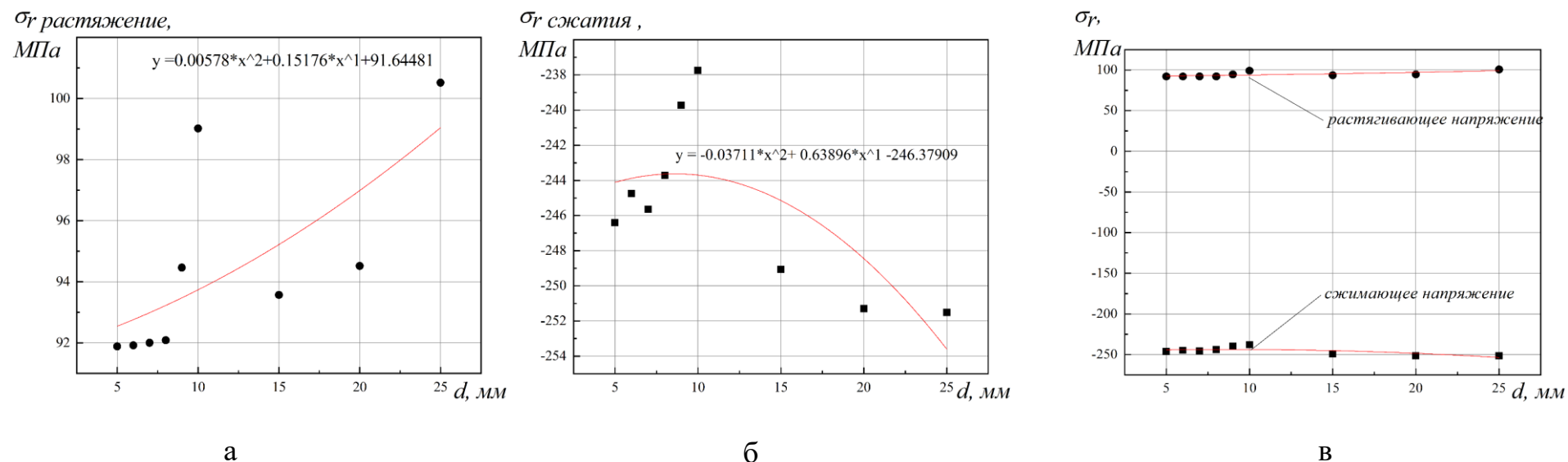


Рисунок 3.17 — Эпюры Остаточное радиальное напряжение, максимальное растягивающее напряжение и максимальное сжимающее напряжение (а-Остаточное растягивающее напряжение ; б-Остаточное сжимающее напряжение ; в-Остаточное растягивающее и сжимающее напряжение)

3.1.12. Вывод о эпюры радиальных остаточных напряжений:

1) При натяг $a=5\%$, степень толстостенности образцов $D_0/d_0 = 5,2$; Диаметр отверстия в опоре $d_1 = 25$ мм , Остаточное радиальное растягивающее напряжение является наибольшее ,составляет 100,52 МПа. (рис.3.17а) Остаточное радиальное сжимающее напряжение является наибольшее является наибольшее ,составляет -251,52МПа(рис.3.17б).С уменьшение d_1 , Остаточное радиальное растягивающее напряжение уменьшается. Остаточное радиальное сжимающее напряжение уменьшается. Влияние внутреннего диаметра опоры отверстия на радиальное остаточное растягивающее напряжение и напряжение сжатия является значительным. (рис.3.17)

В целом,влияние диаметр опоры на распределения остаточное радиальное напряжение не замечательный

3.1.13. Эпюры осевых остаточных напряжений

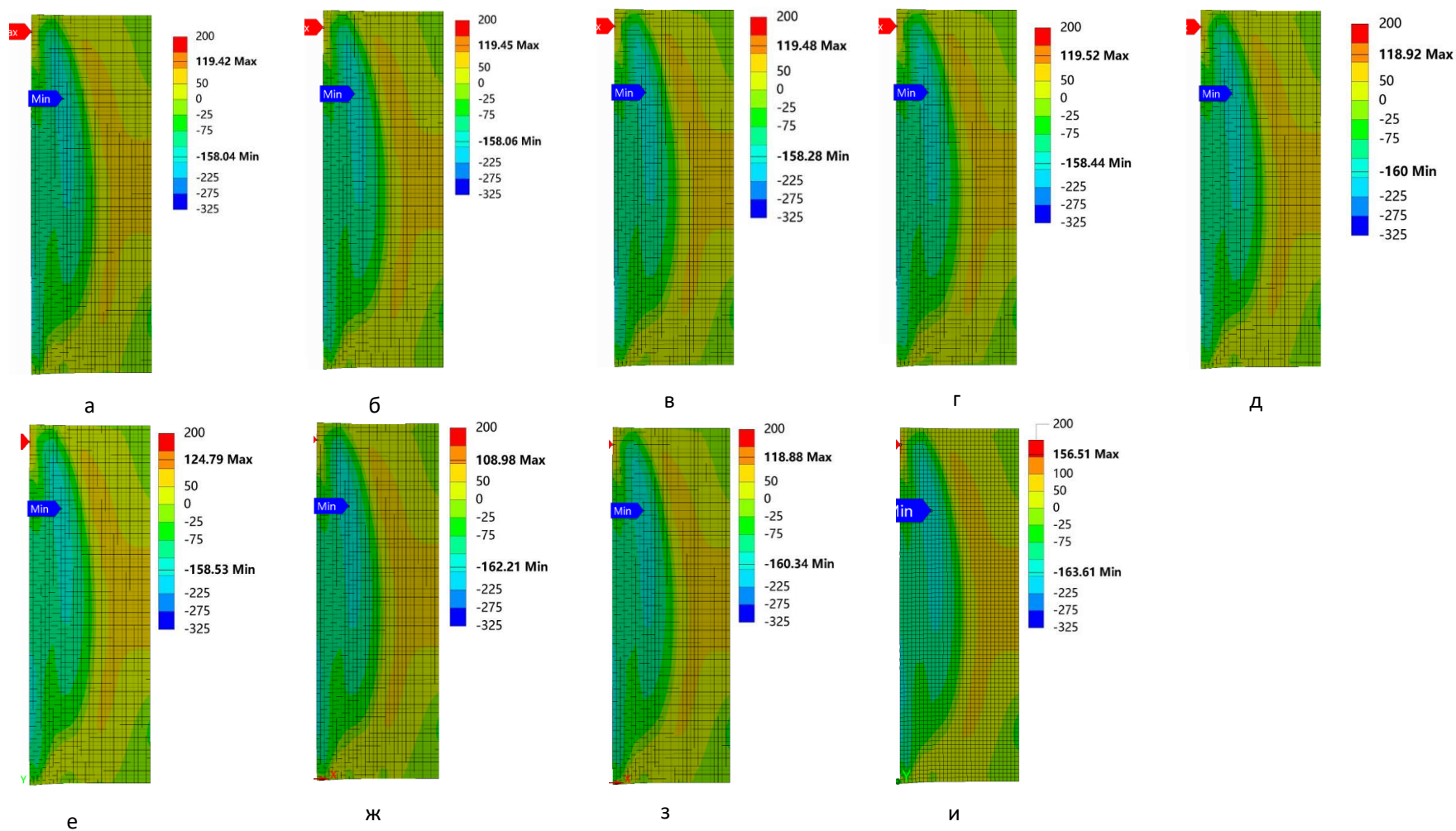


Рисунок 3.18—Эпюры осевых остаточных напряжений ,полученные по ANSYS
(а— $d=5$; б— $d=6$; в— $d=7$; г— $d=8$; д— $d=9$; е— $d=10$; ж— $d=15$; з— $d=20$; и— $d=25$;))

3.1.14. Анализ эпюры осевых остаточных напряжений

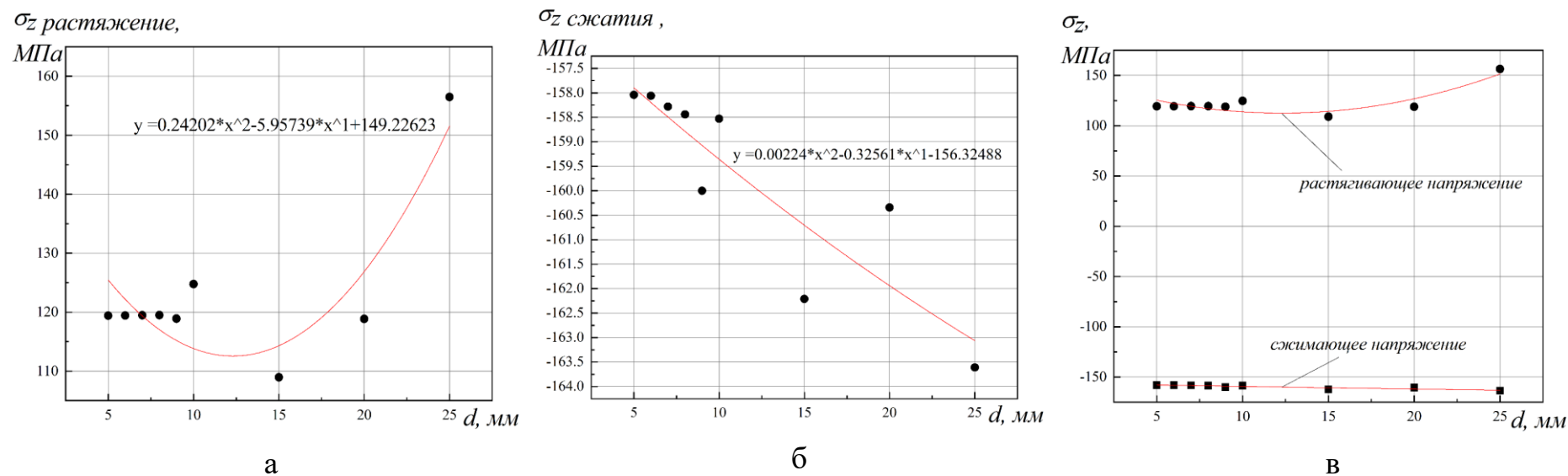


Рисунок 3.19—Эпюры Остаточное осевое напряжение, максимальное растягивающее напряжение и максимальное сжимающее напряжение
(а- Остаточное растягивающее напряжение ; б-Остаточное сжимающее напряжение ; в-Остаточное растягивающее и сжимающее напряжения)

3.1.15. Вывод о эпюры осевых остаточных напряжений:

1) При натяг $a=5\%$, степень толстостенности образцов $D_0/d_0 = 5,2$; Диаметр отверстия в опоре $d_1 = 25\text{мм}$, Остаточное осевое растягивающее напряжение является наибольшее ,составляет $156,51\text{ МПа}$.(рис.3.19 а) Остаточное осевое сжимающее напряжение является наибольшее является наибольшее ,составляет $-163,61\text{ МПа}$ (рис.3.19б).С уменьшением d_1 , Остаточное осевое растягивающее напряжение уменьшается при $d_1 = 25\text{мм}$ до $d_1 = 15\text{мм}$,и увеличивается при $d_1 = 15\text{мм}$ до $d_1 = 5\text{ мм}$.Остаточное осевое сжимающее напряжение уменьшается. (рис.3.19)

2)Влияние внутреннего диаметра опоры отверстия на осевое остаточное растягивающее напряжение является значительным.

3.1.16. Эпюры окружных остаточных напряжений

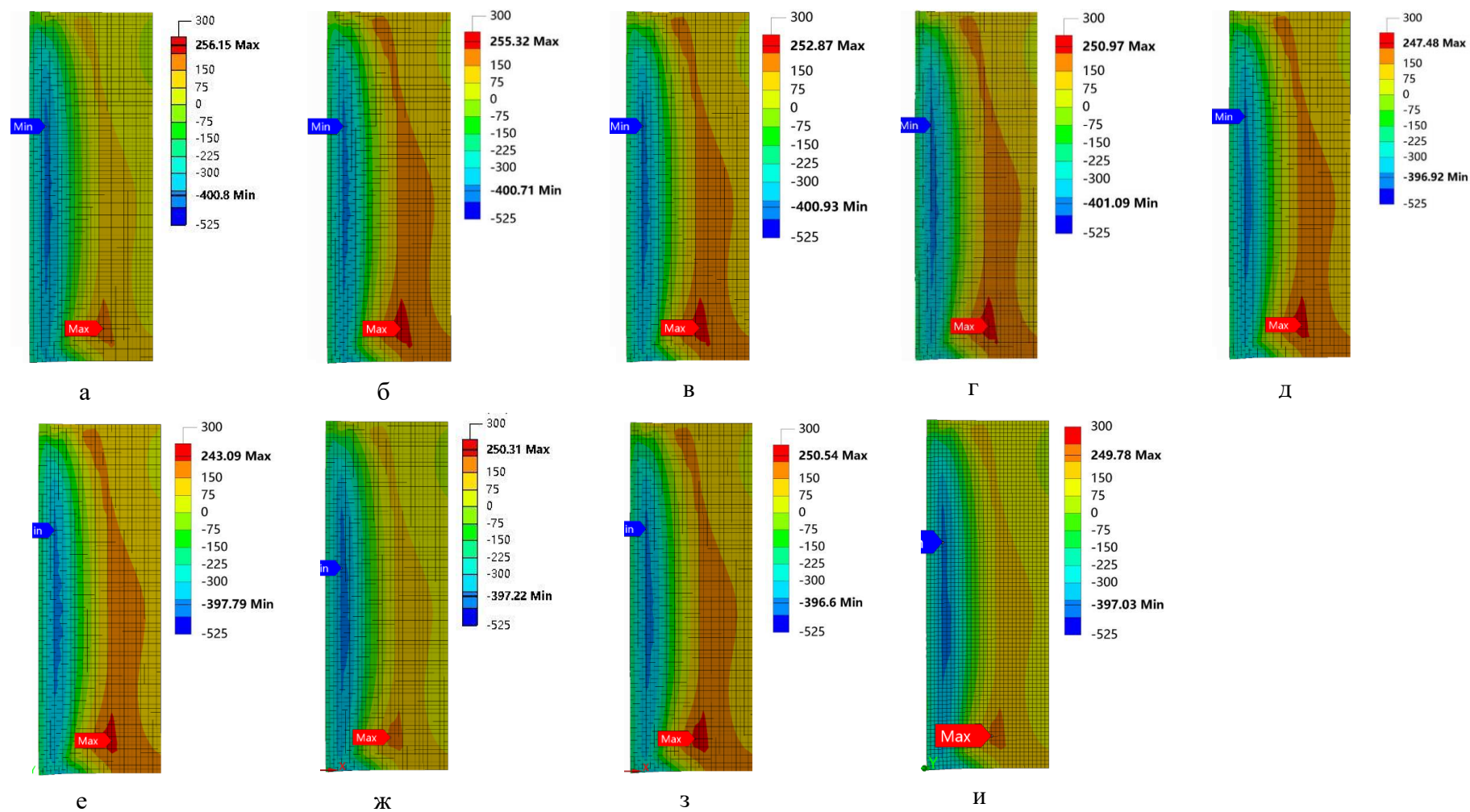


Рисунок 3.20 Эпюры окружных остаточных напряжений ,полученные по ANSYS
(а— $d=5$; б— $d=6$; в— $d=7$; г— $d=8$; д— $d=9$; е— $d=10$; ж— $d=15$; з— $d=20$; и— $d=25$;))

3.1.17. Анализ эпюры окружных остаточных напряжений

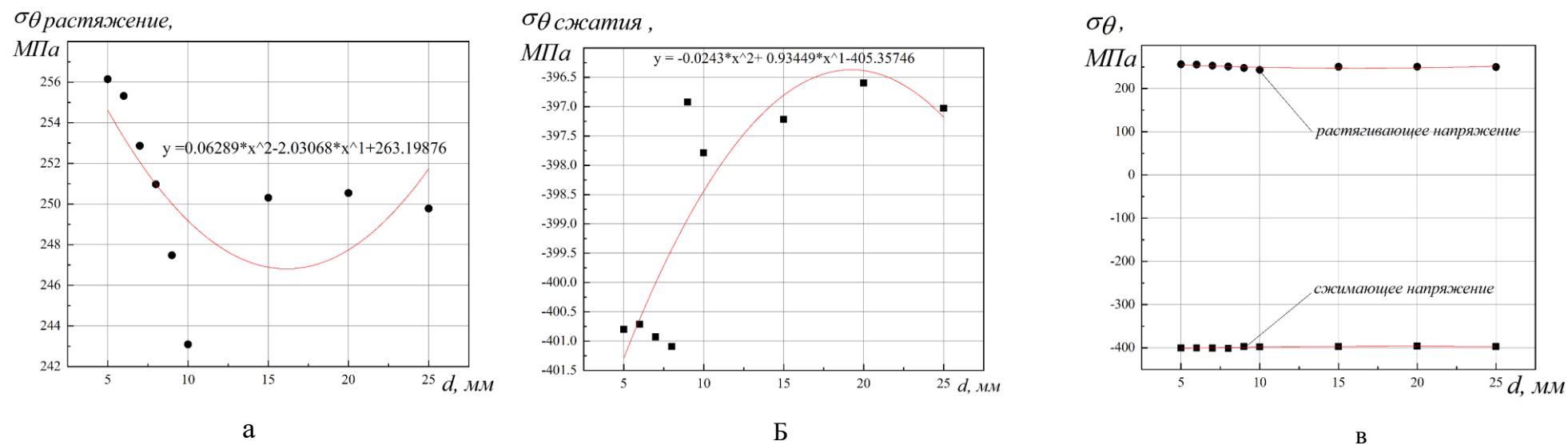


Рисунок 3.21—Эпюры Остаточное окружное напряжение, максимальное растягивающее напряжение и максимальное сжимающее напряжение

3.1.18. Вывод о эпюры окружных остаточных напряжений:

- 1) При натяг $a=5\%$, степень толстостенности образцов $D_0/d_0 = 5,2$; Диаметр отверстия в опоре $d_1 = 5\text{мм}$, Остаточное окружное растягивающее напряжение является наибольшее ,составляет 256,15 МПа. (рис.3.21 а) При Диаметр отверстия в опоре $d_1 = 8\text{мм}$ Остаточное окружное сжимающее напряжение является наибольшее ,составляет -401,09 МПа(рис.3.21 б).С уменьшения d_1 ,Остаточное окружное растягивающее напряжение уменьшается до $d_1 = 15\text{мм}$,потом увеличивается с $d_1 = 15\text{мм}$ до $d_1 = 5\text{мм}$.Остаточное окружное сжимающее напряжение увеличивается до $D_1/d_1 = 1,5$. Потом уменьшается с $d_1 = 25\text{мм}$ до $d_1 = 5\text{мм}$. (рис.3.21)
- 2) Влияние внутреннего диаметра опоры отверстия на окружное остаточное растягивающее напряжение является не значительным.

3.1.19. Выводы по разделу:

- 1) Результаты показно распределение σ_r σ_z σ_θ остаточных напряжений вдоль радиуса r образцов на входном ,среди,выходном торце обработанных дорнованием по схеме со сжатием с разных внутренних диаметров опоры.
- 2) Наблюдаются закономерности распределения этих графиков остаточных напряжений и выясняется, что характеристики распределения остаточных напряжений одинаковы. При этом окружные σ_θ и осевые σ_z остаточные напряжения представлены в виде характеристики сжимающая вблизи внутренней поверхности отверстия, в виде характеристики растягивающая к наружной поверхности образцов. Радиальные σ_r остаточные напряжений равно нулю на поверхность внутренний отверстия образцов и наружной поверхности образцов, на остальных областях в виде характеристики сжимающая.
- 3) Известно, что абсолютное значение окружного напряжения σ_θ является максимальным из трех кривых остаточных напряжений. Максимальное значение абсолютного значения окружного напряжения при сжатии близко к пределу текучести материала. Остальные два остаточных напряжения σ_r и σ_z относительно меньше по абсолютному значению.
- 4) На входном торце при натяг $a=5\%$, степень толстостенности образцов $D_0/d_0 = 5,2$, При диаметр отверстия в опоре $d_1 = 5\text{мм}$, максимальное σ_r составляет $-80,695\text{МПа.}$; При диаметр отверстия в опоре $d_1 = 15\text{мм}$ максимальное σ_z составляет $-128,7\text{ МПа.}$ диаметр отверстия в опоре $d_1 = 5\text{мм}$, максимальное σ_θ составляет $-210,99\text{ МПа.}$ (рис.3.5)
- 5) На средний торце при натяг $a=5\%$, степень толстостенности образцов $D_0/d_0 = 5,2$, При диаметр отверстия в опоре $d_1 = 25\text{мм}$, максимальное σ_r составляет $-166,6\text{ МПа.}$; диаметр отверстия в опоре $d_1 = 25\text{мм}$ максимальное σ_z составляет $-136,53\text{ МПа.}$ При диаметр отверстия в опор $d_1 = 9\text{мм}$, максимальное σ_θ составляет $-380,5\text{ МПа.}$ (рис.3.10)
- 6) На выходном торце при натяг $a=5\%$, степень толстостенности образцов $D_0/d_0 = 5,2$, При диаметр отверстия в опоре $d_1 = 5\text{мм}$, максимальное σ_r составляет $-105,73\text{МПа.}$; При диаметр отверстия в опоре $d_1 =$

6мм максимальное σ_z составляет $-113,57$ МПа. При диаметр отверстия в опоре $d_1 = 4$ мм, максимальное σ_θ составляет $-345,72$ МПа. (рис.3.15)

7) Максимальное $\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_z$ на средний торце является наиболее.

8) В целом, влияние диаметра отверстия в опоре слабо влияет на величину формирующихся при дорновании толстостенных втулок остаточных напряжений. влияние расположения торца на изменения остаточное напряжение является замечательный.

3.2. Исследовать высота наплыв заготовки после дорнования

При входе дорна в обрабатываемое отверстие (и выходе из него) в основном пластическое деформирование распространяется в направлении свободного торца. Поэтому вблизи отверстия на поверхности торцов образуется наплыв металла, а образующая отверстия вблизи торца отклоняется от прямой линии. В результате деформаций происходят искажения торцов отверстия. Наибольшие наплывы металла наблюдаются на выходном торце.

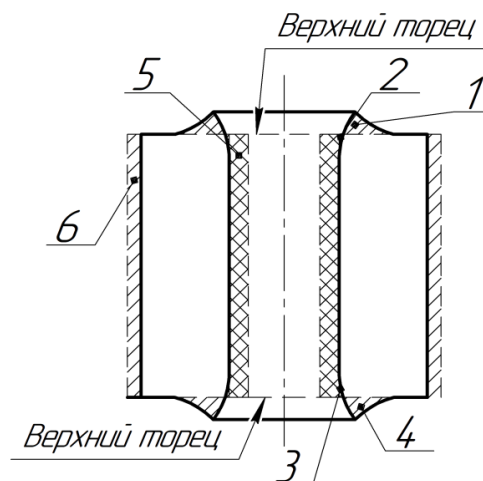


Рисунок 3.22-Схема смещения металла после дорнования(1-Наплыв металла у верхнего торца; 2-Искажение цилиндрического отверстия у верхнего торца; 3-Искажение цилиндрического отверстия у опорного торца; 4-Наплыв металла у опорного торца;5-Остаточная деформация по всему отверстию(без учета искажения;6-Увеличение объема по наружному диаметру за счет остаточных деформаций)

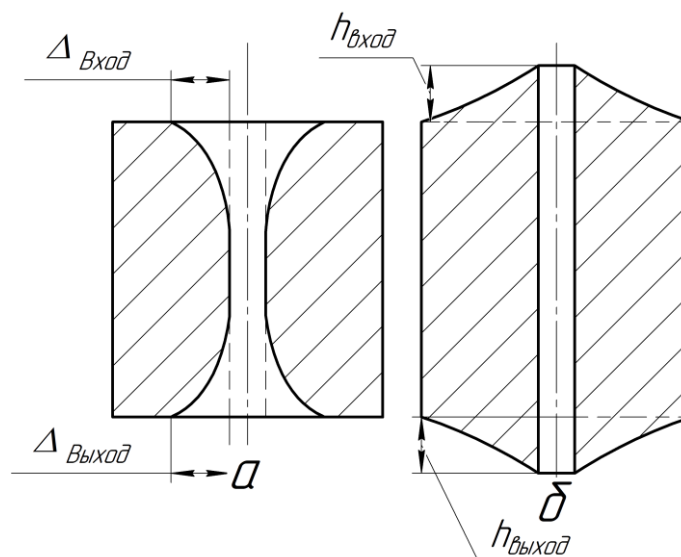


Рисунок 3.23-Схема смещения металла (а-на радиальном направлении после дорнования;б-на осевом направлении после дорнования)

Чтобы измерить эту величину деформации, мы устанавливаем путь(вход:A1-A2выход:B1-B2 модели заготовки по ANSYS.

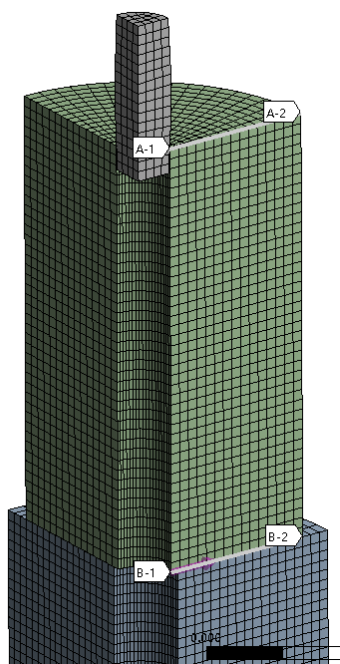


Рисунок 3.24-Схема натройки. путь(вход:A1-A2выход:B1-B2)

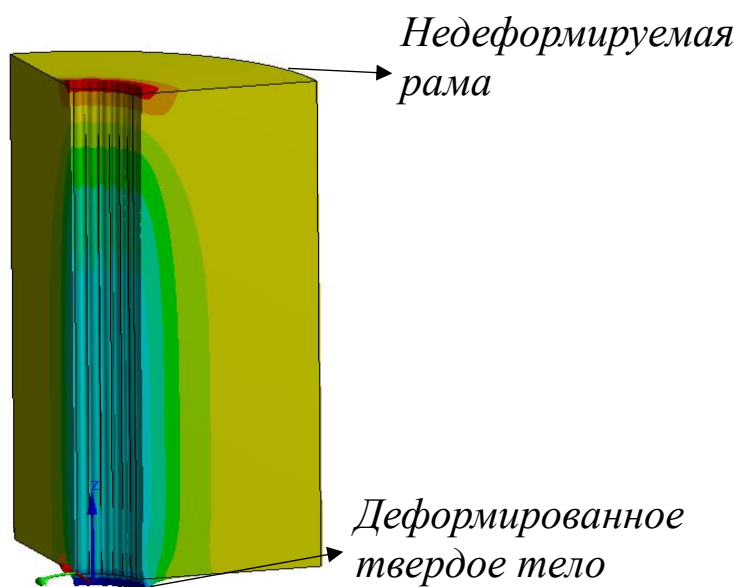


Рисунок 3.24(а)-Схема остаточная деформации заготовки после дорнования

3.2.1. Эпюры высота наплыв на верхний и нижний поверхность

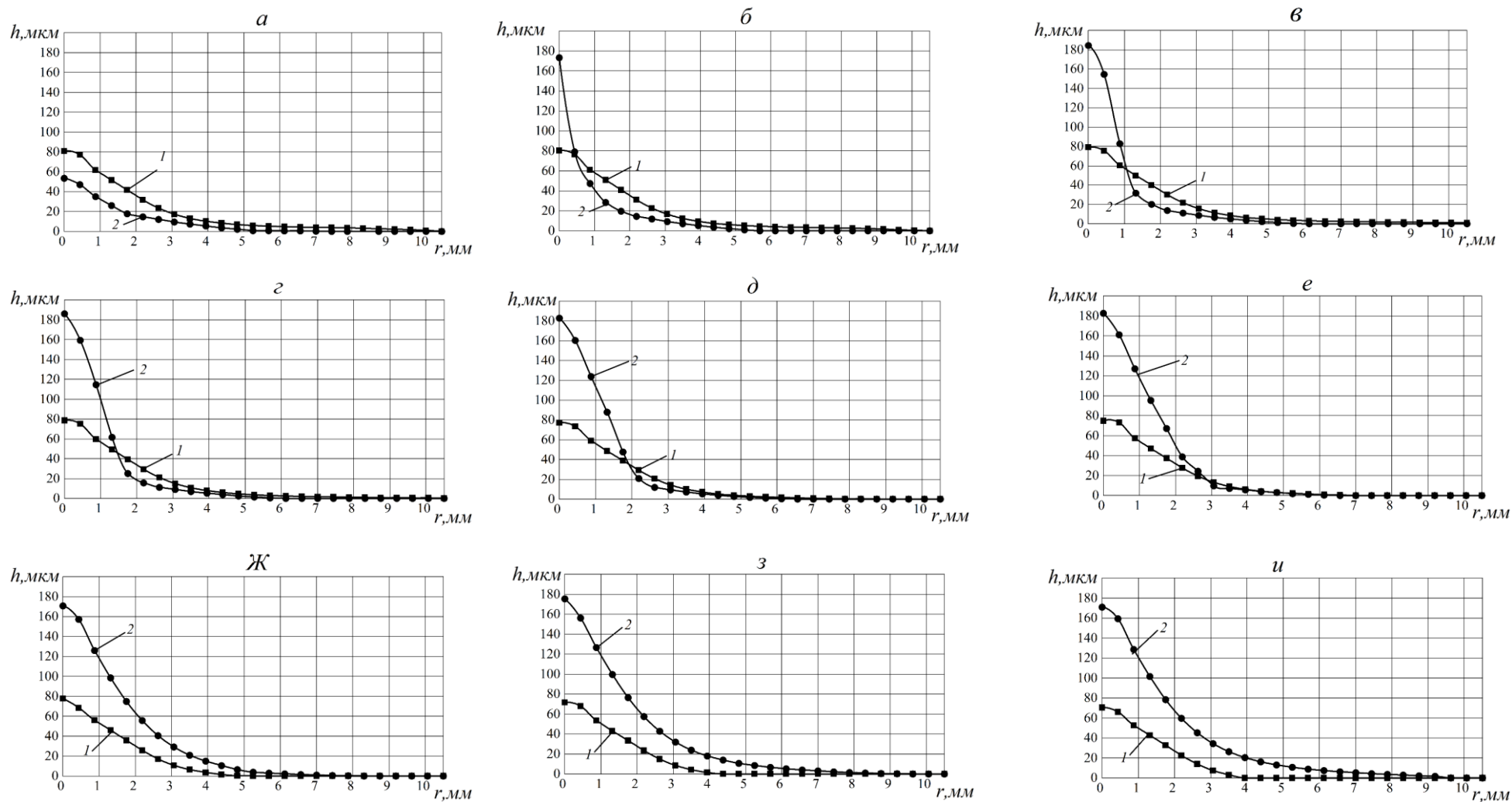


Рисунок 3.25—Эпюры осевых наплыв ,полученные по ANSYS (1) вход ;(2) вывыход ;(а) $d=5$;(б) $d=6$;(в) $d=7$;(г) $d=8$;(д) $d=9$;(е) $d=10$;(ж) $d=15$;(з) $d=20$;(и) $d=25$;

3.2.2. Анализ эпюры высота наплыв на верхний и нижний поверхность

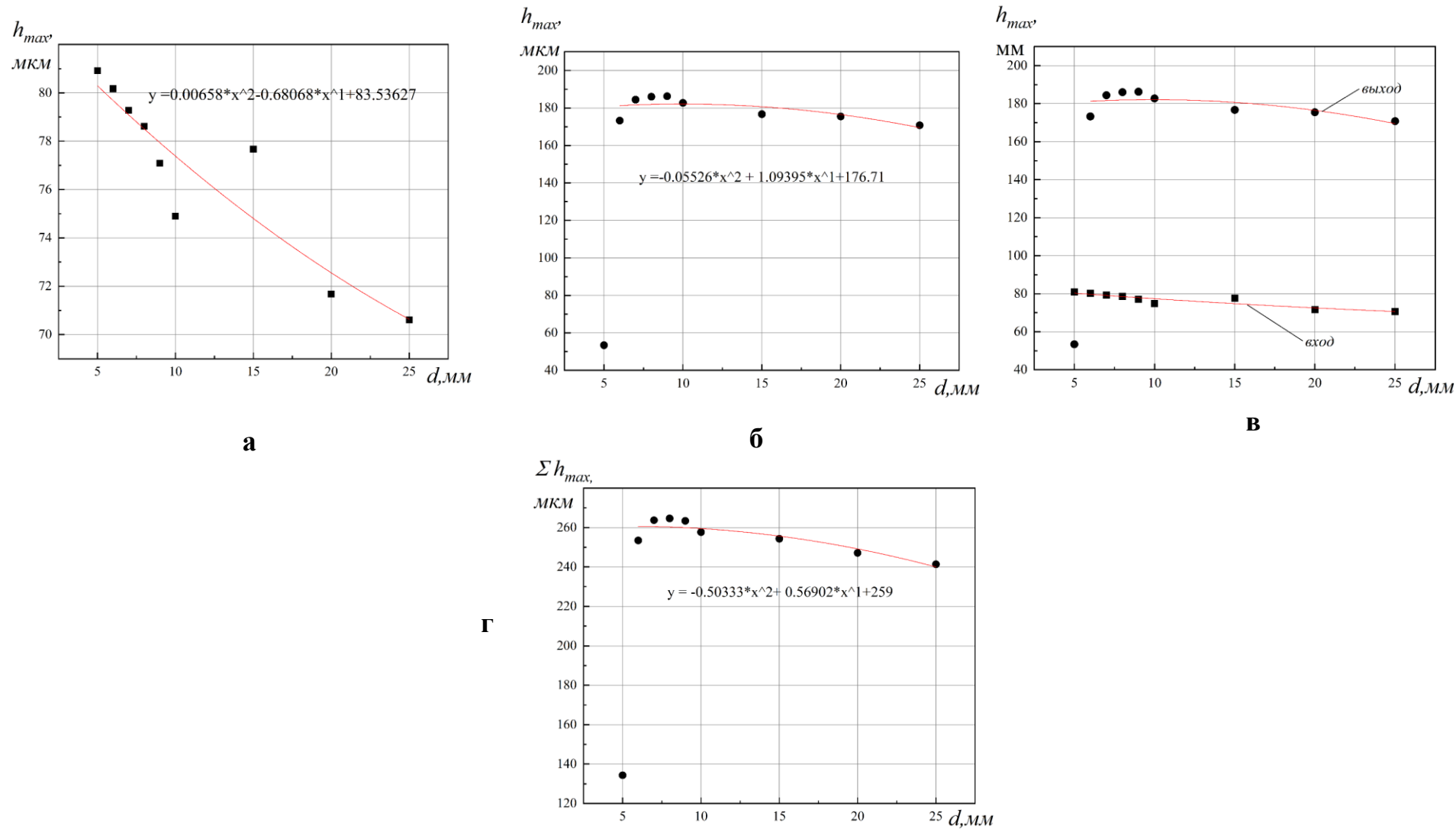


Рисунок 3.26—Эпюры осевых деформации максимальную осевых наплыв от $d = 5$ мм до $d = 25$ мм (а) вход; (б) выход; (в) вход, выход; (г) Сумарнный наплыв

3.2.3. Выводы по разделу:

- 1) На входном торце, при натяг $a=5\%$, степень толстостенности образцов $D_0/d_0 = 5,2$, максимальная высота наплы является наибольшее и составляет 80,92 мкм при диаметр отверстия в опоре $d_1 = 5\text{мм}$. С уменьшения d_1 , максимальная высота наплы на входном торце увеличивается. (рис.3.26 а)
- 2) На выходном торце, при натяг $a=5\%$, степень толстостенности образцов $D_0/d_0 = 5,2$, максимальная высота наплы является наибольшее и составляет 186,28 мкм при диаметр отверстия в опоре $d_1 = 9\text{мм}$. С уменьшения d_1 , максимальная высота наплы на выходном торце увеличивается до $d_1 = 15\text{мм}$ потом уменьшается с $d_1 = 15\text{мм}$ до $d_1 = 5\text{мм}$. (рис.3.26 Б)
- 3) Высота наплыв на выходном торце всегда на 55% больше чем на входном.
- 4) Наибольшая высота напыва наблюдалась всегда на $r=0$ расстояние от отверстия заготовки. (рис.3.26 в)
- 5) При натяг $a=5\%$, степень толстостенности образцов $D_0/d_0 = 5,2$ Сумарнная высоты наплыв является наибольшее и составляет 264,65 мкм при степень опоры $d_1 = 8\text{мм}$, Сумарнная высоты наплыв является наименше и составляет 134,36 мкм при степень опоры $d_1 = 5\text{мм}$. (рис.3.26 Г)
- 6) Влияние диаметр отверстия в опоре d_1 на высота наплыв значительный с $d_1 = 5\text{мм}$ до $d_1 = 6\text{мм}$ потому что диаметр отверстия в опоре совпадется с диаметр отверстия в заготовки.
С $d_1 = 6\text{мм}$ до $D_1/d_1 = 25\text{мм}$, Влияние диаметр отверстия в опоре d_1 на высота наплыв не значительный

3.3. Исследовать формулу заготовки после дорнования

После полировки определенное количество пластической деформации произойдет на наружной поверхности и внутренней поверхности отверстия цилиндрической заготовки. Эти данные были смоделированы и записаны с использованием Ansys, и был получен следующий график данных.

Чтобы проанализировать внутреннюю поверхность отверстия заготовки и деформацию наружной поверхности заготовки после обработки, мы установили следующую модельную траекторию.

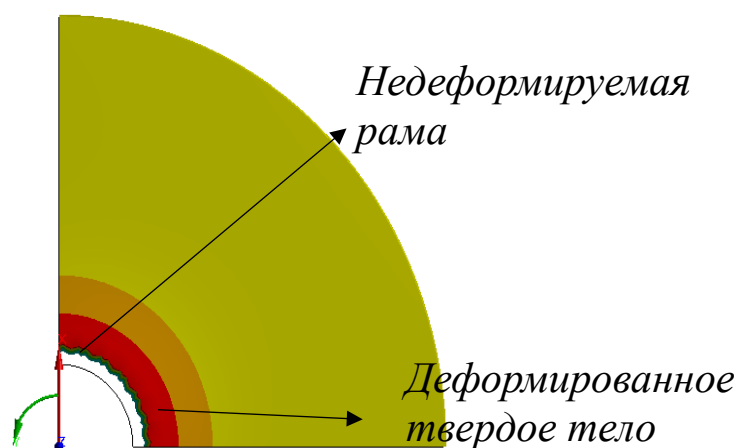
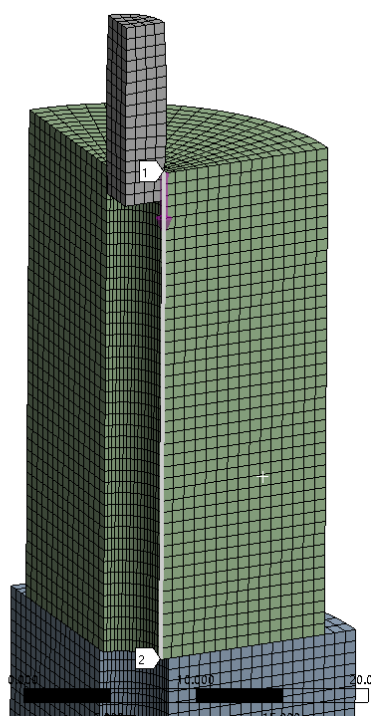
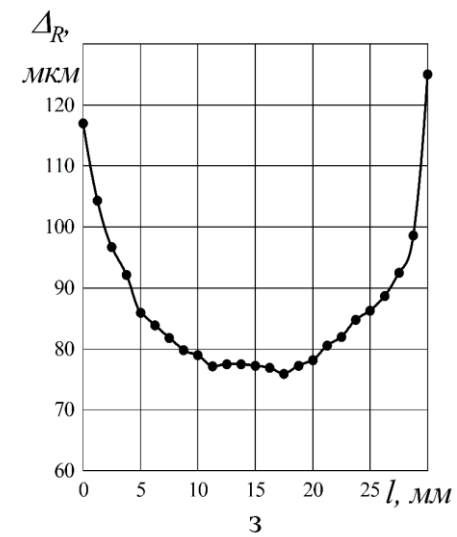
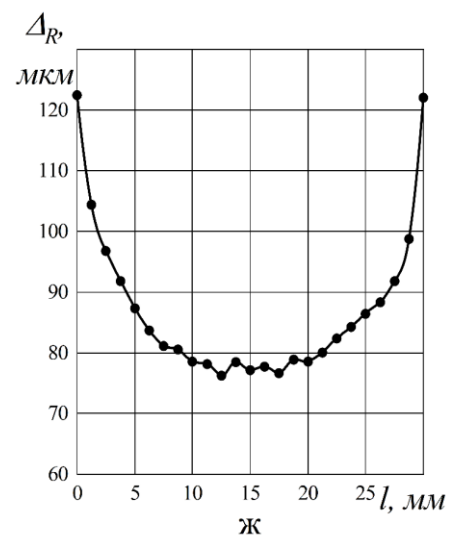
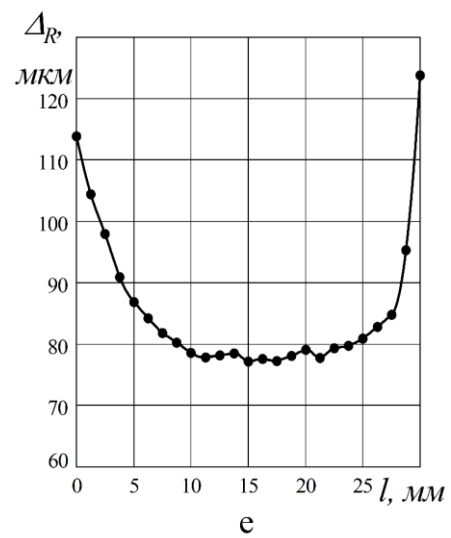
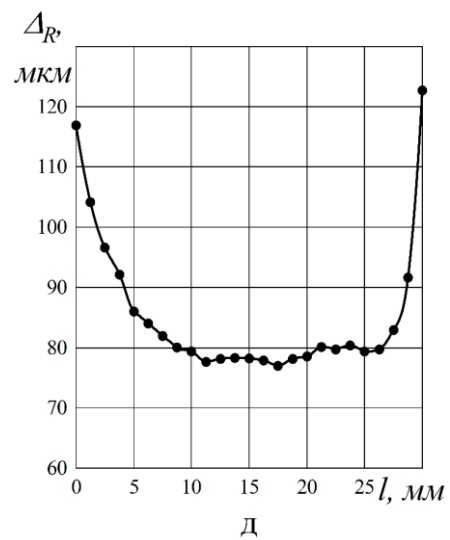
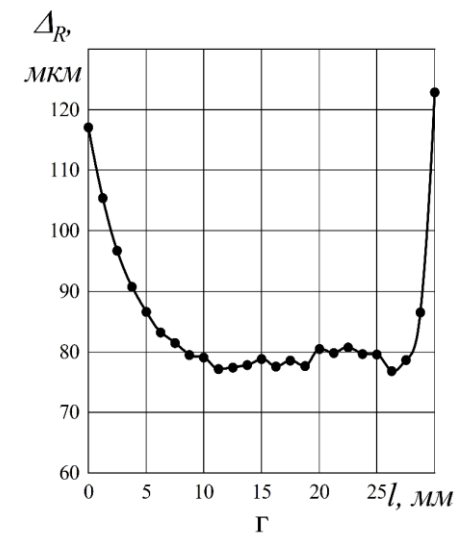
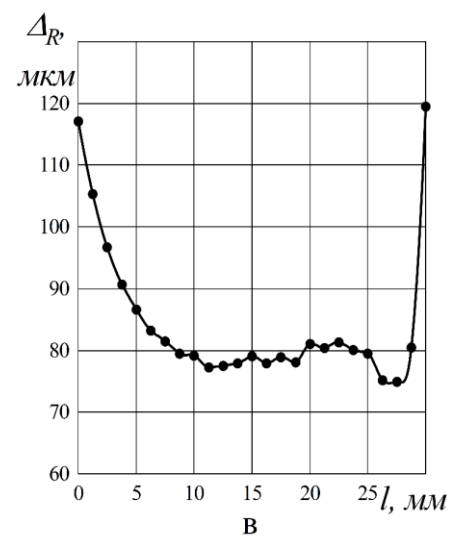
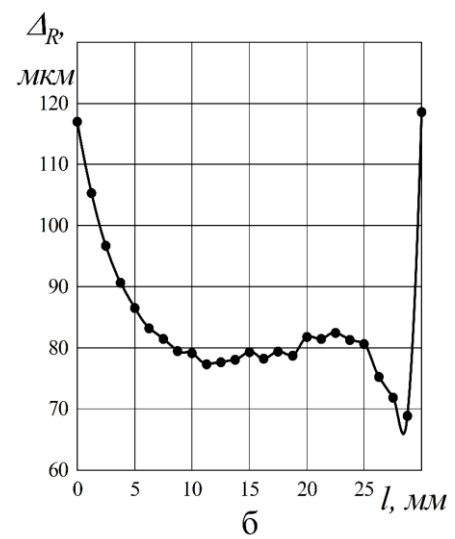
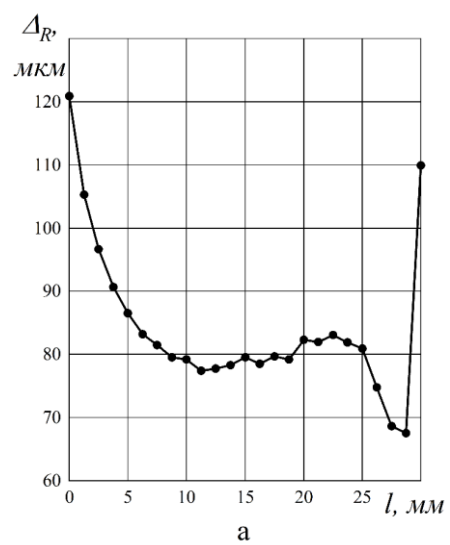


Рисунок 3.27—Схема натройки. Путь(1-2) Рисунок 3.27(а)—Схема остаточная деформации(отверстию заготовки) заготовки после дорнования

Поток металла происходит на поверхности внутреннего отверстия заготовки, и в результате анализа получены следующие диаграммы деформации.

Чтобы наблюдать изменение размера внутреннего отверстия заготовки, мы устанавливаем изменение в направлении x .

3.3.1. Эпюры изменение размера внутреннего отверстия заготовки



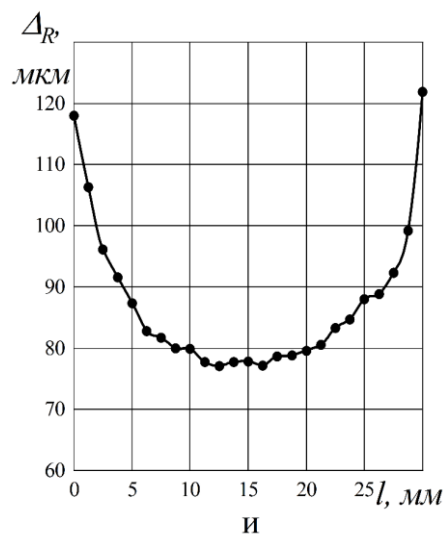


Рисунок 3.28—Эпюры деформация диаметра внутреннего отверстия заготовки от верхней поверхности до нижней поверхности цилиндрической заготовки (r=Высота цилиндрической заготовки ;

(a)d=5; (б)d=6 ; (в)d=7 ;(г)d=8 ; (д)d=9 ; (е)d=10 ; (ж)d=15 ; (з)d=20; (и)d=25;

Для того чтобы наблюдать изменение **внешнего диаметра цилиндрической заготовки**, мы устанавливаем путь , как показано ниже мы устанавливаем изменение в направлении x .

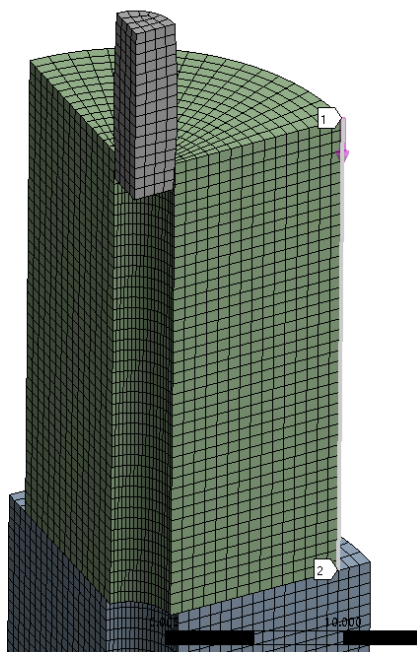


Рисунок 3.29—Схема натройки. Путь(1-2)

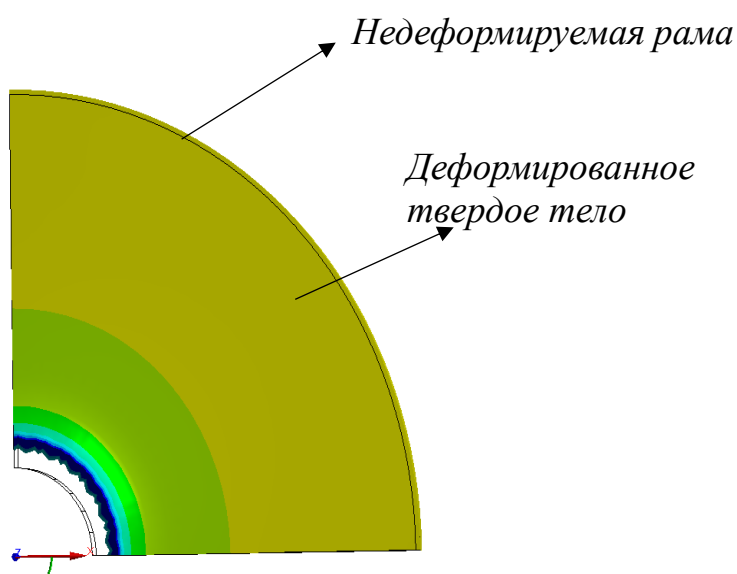
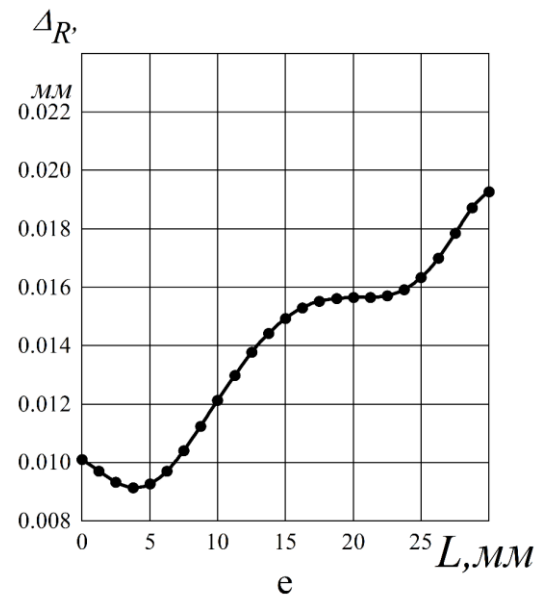
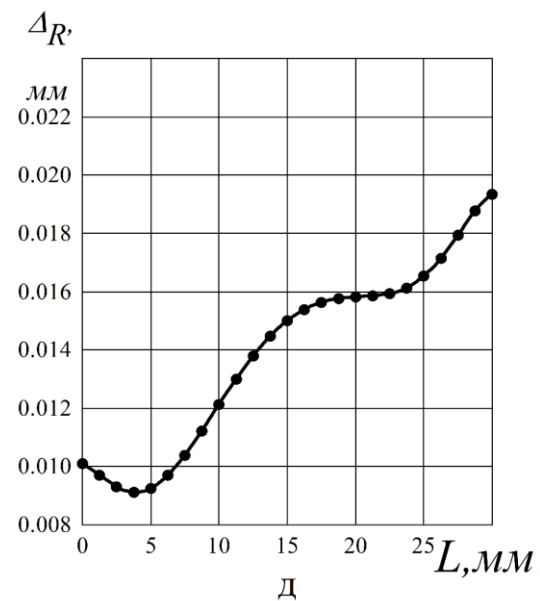
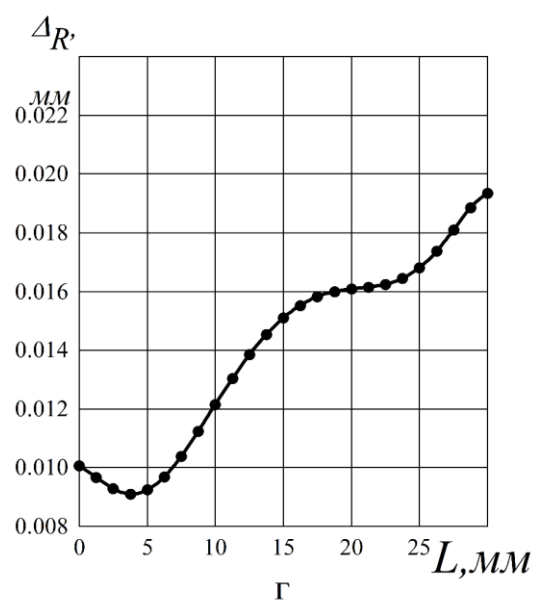
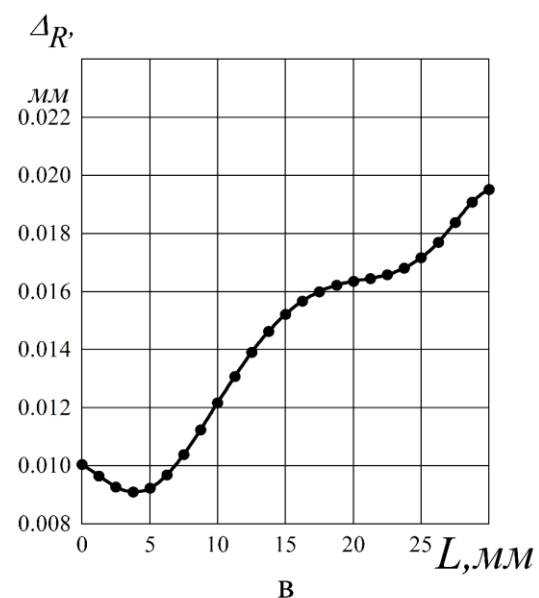
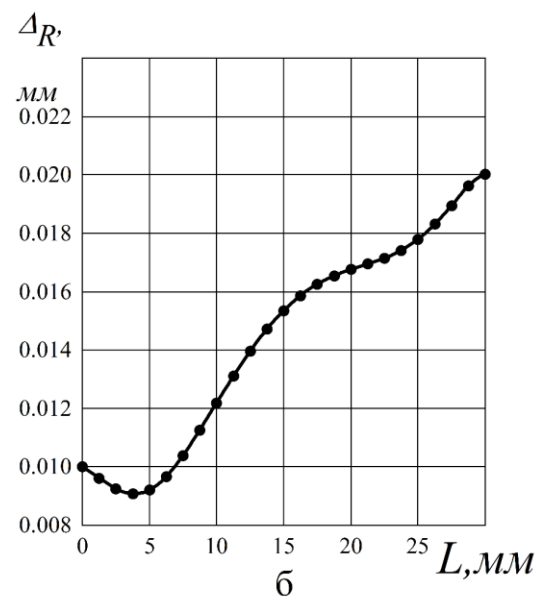
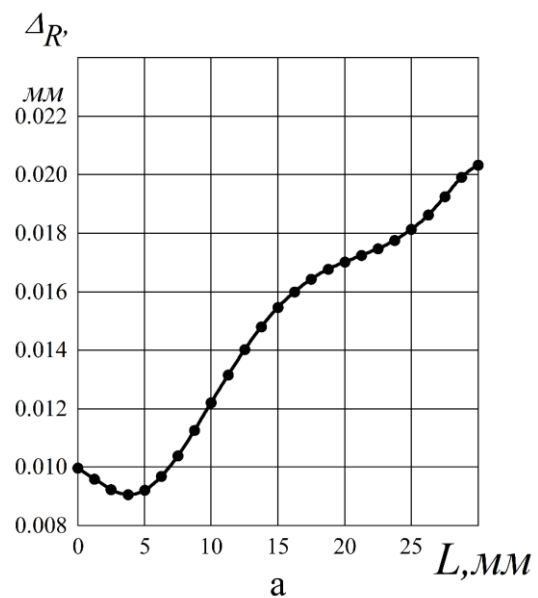


Рисунок 3.29(а)—Схема остаточная деформации заготовки после дорнования

3.3.2. Эпюры наружного диаметра заготовки



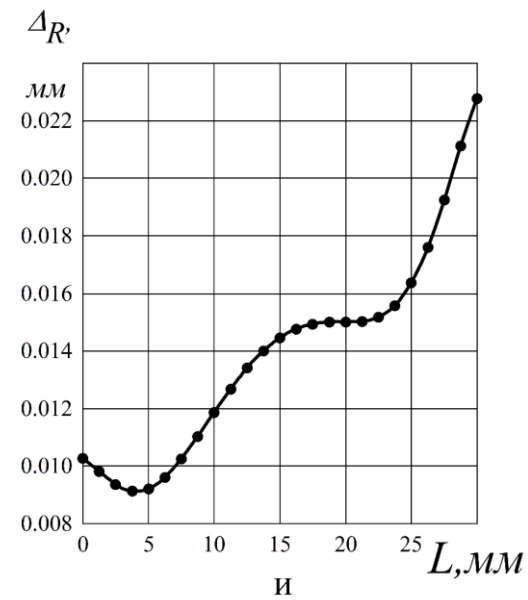
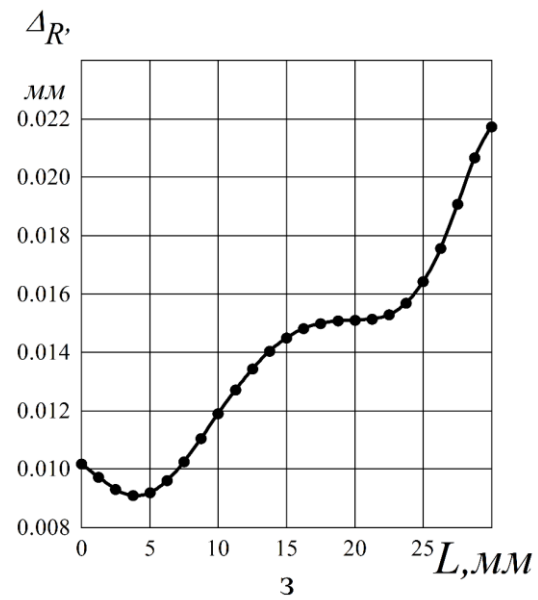
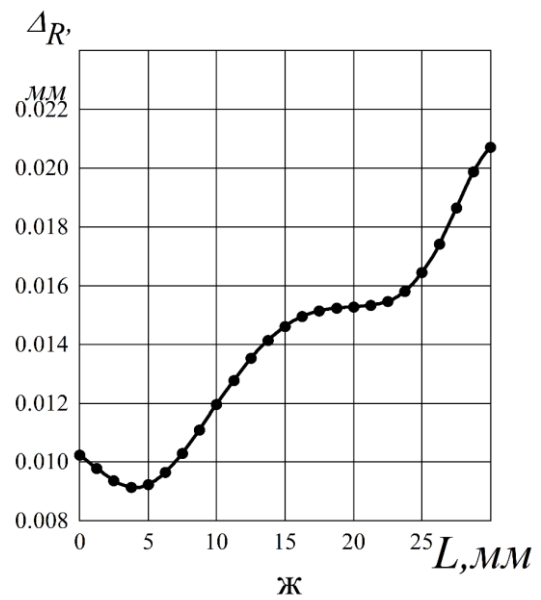


Рисунок 3.30—Эпюры внешнего диаметра цилиндрической заготовки от верхней поверхности до нижней поверхности цилиндрической заготовки (h =Высота цилиндрической заготовки ;
 (а) $d=5$; (б) $d=6$; (в) $d=7$; (г) $d=8$; (д) $d=9$; (е) $d=10$; (ж) $d=15$; (з) $d=20$; (и) $d=25$;

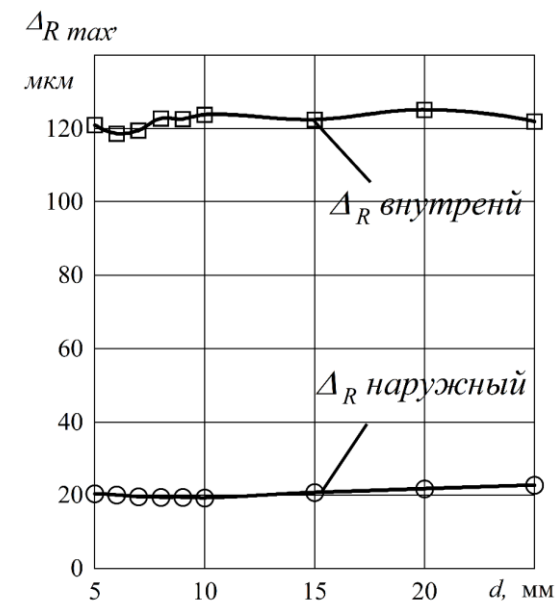
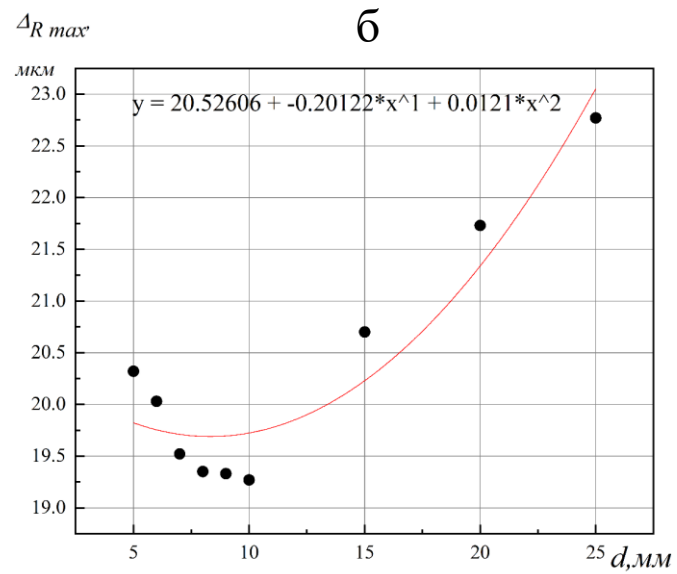
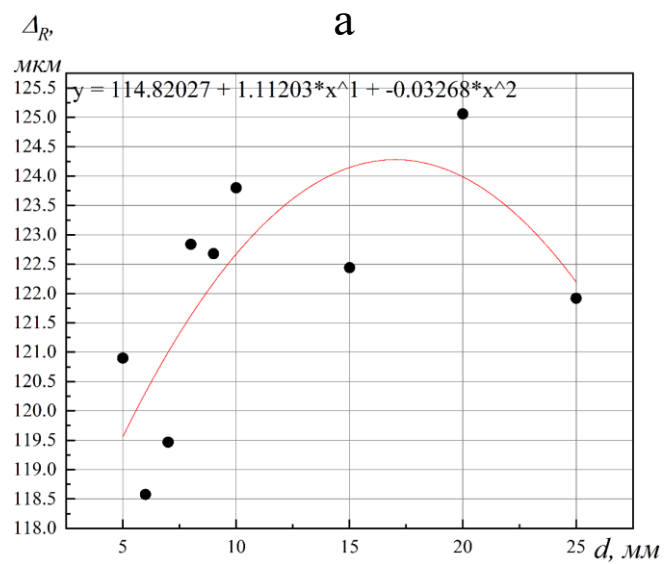


Рис-3.31 Максимальная изменение внутреннего диаметра и наружного диаметра заготовки вдоль оси толстостенного цилиндра (а) внутреннего; (б) наружного;

3.3.3. Выводы по разделу:

1) При натяг $a=5\%$, степень толстостенности образцов $D_0/d_0 = 5,2$; Кроме того диаметр отверстия в опоре $d_1 = 5\text{мм}$, с $d_1 = 6\text{мм}$ до $d_1 = 25\text{мм}$, максимальное изменение внутреннего диаметра заготовки всегда находится в позиции $L = 30\text{ мм}$ (у выходного торца) а минимальное изменение внутреннего диаметра заготовки всегда находится в позиции $L = 11,25\text{ мм}$ (около среднего торца), (Рис.3.28) При дорновании с относительным натягом $a = 5\%$, степень толстостенности образцов $D_0/d_0 = 5,2$ и степень опоры $D_1/d_1 = 25\text{мм}$, Наибольшая максимальная изменение внутреннего диаметра заготовки составляла $125,06\text{ мкм}$.

С уменьшением d_1 , максимальная изменение внутреннего диаметра заготовки увеличивается до $d_1 = 15\text{мм}$, потом уменьшается с $d_1 = 15\text{мм}$ до $d_1 = 5\text{мм}$. (Рис.3.31 а)

2) При натяг $a=5\%$, степень толстостенности образцов $D_0/d_0 = 5,2$; максимальное изменение наружного диаметра заготовки всегда находится в позиции $L = 30\text{ мм}$ (у выходного торца) а минимальное изменение наружного диаметра всегда находится в позиции $L = 3,75\text{ мм}$ (около входного торца) (Рис.3.30), При дорновании с относительным натягом $a = 5\%$, степень толстостенности образцов $D_0/d_0 = 5,2$ и $d_1 = 25\text{мм}$, Наибольшая максимальная изменение наружного диаметра заготовки составляла $22,77\text{ мкм}$. (Рис.3.31 а) При степени опоры $d_1 = 9\text{мм}$, Наименшее максимальная изменение наружного диаметра заготовки составляла $19,27\text{ мкм}$. С уменьшением d_1 , максимальная изменение наружного диаметра заготовки уменьшается до $d_1 = 10\text{ мм}$, потом увеличивается с $d_1 = 10\text{мм}$ до $d_1 = 5\text{мм}$. (Рис-3.31 б)

3) Это ясно из картины (Рис-3.31 в), Изменение внутреннего диаметра намного больше чем изменение внутреннего диаметра заготовки.

4) В целом, влияние диаметр внутреннего на изменение наружного диаметра и изменение наружного диаметра заготовки небольшой.

3.3.4. Эпюры распределение напряжений в направлении Z

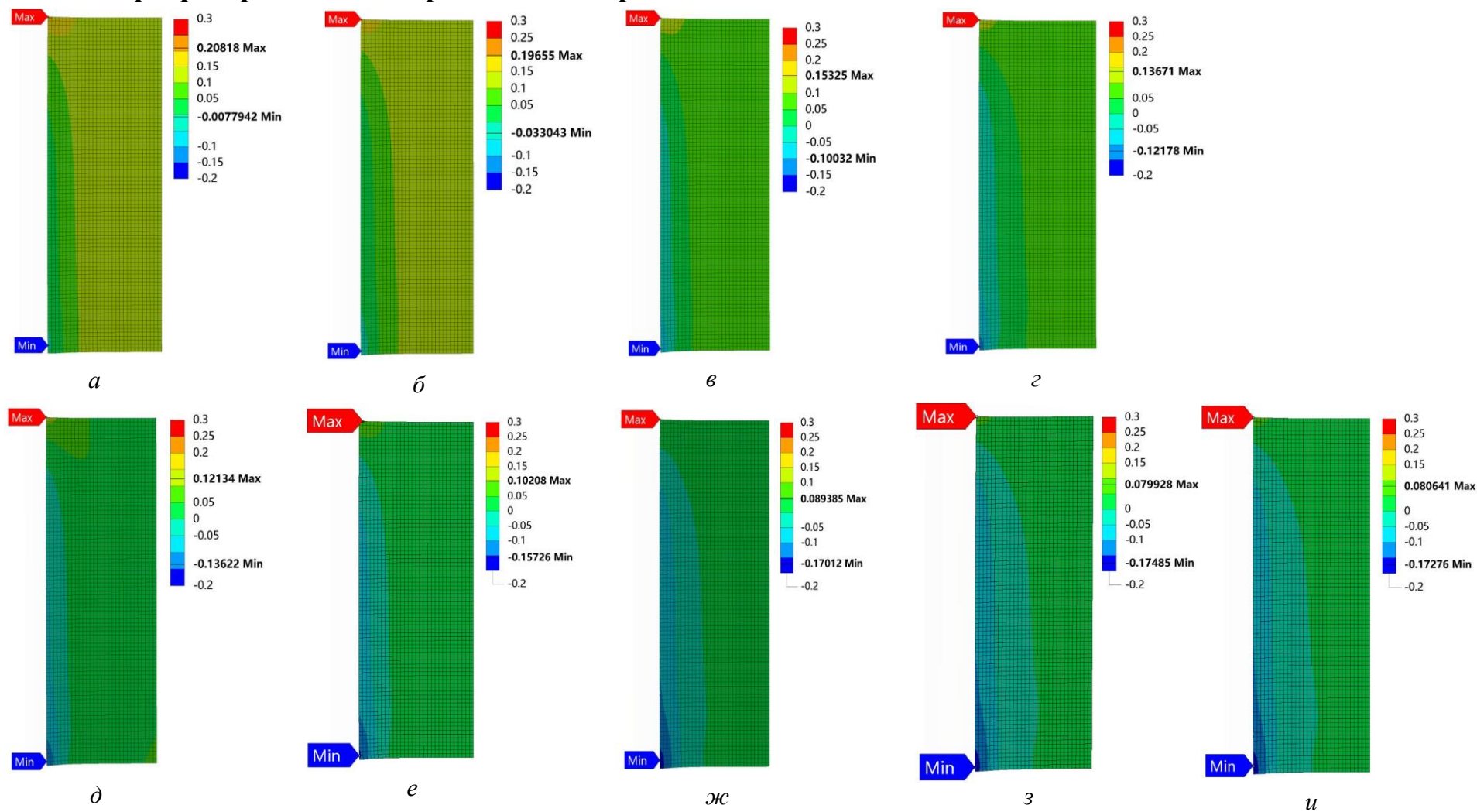


Рисунок 3.32—Эпюры распределение напряжений в направлении Z (; *a*— $d=5$; *б*— $d=6$; *в*— $d=7$; *г*— $d=8$; *д*— $d=9$; *е*— $d=10$; *ж*— $d=15$; *з*— $d=20$; *и*— $d=25$;))

Заключение:

С помощью методом конечных элементов ANSYS анализировать остаточного напряжения и статочной деформации.

Проанализированные данные и делаю следующие вывод

- 1) Диаметр отверстия в опоре слабо влияет на величину формирующихся при дорновании толстостенных втулок остаточных напряжений.
- 2) Максимальное $\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_z$ на средний торце является наиболее.
- 3) Влияние расположения торца на изменения остаточное напряжение является замечательный.
- 4) Высота наплыв на выходном торце всегда на 55% больше чем на входном .
- 5) Наибольшая высота наплыва наблюдалась всегда на $r=0$ расстояние от отверстия заготовки.
- 6) Влияние диаметр отверстия в опоре на высота наплыв незначительный кроме $D=5$ мм.
- 7) Максимальное изменение внутреннего диаметра заготовки всегда находится в позиции $L= 30$ мм(у выходного торца) а минимальный изменение внутреннего диаметра заготовки всегда находится в позиции $L= 11,25$ мм (около среднего торца)
- 8) Максимальное изменение наружного диаметра заготовки всегда находится в позиции $L= 30$ мм(у выходного торца) а минимальный изменение наружного диаметра всегда находится в позиции $L= 3,75$ мм (около входного торца)
- 9) Изменение внутреннего диаметра намного больше чем изменение внутреннего диаметра заготовки.
- 10) Диаметр отверстия в опоре слабо влияет на изменение наружного диаметра и внутреннего диаметра заготовки.
- 11) Программный комплекс ANSYS может успешно применяться для изучения процесса дорнования, а именно, для исследования формирующихся остаточных напряжений и деформаций.

Глава IV

Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4AM82	Чжан Бовэнь

Школа	ИШНПТ	Отделение	Материаловедение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	150401/Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ»
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- районный коэффициент- 1,3 - норма амортизации 10-20% - прочие расходы – 10%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды – 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Формирование плана и графика проекта: - определение структур работ; - определение трудоемкости работ; - разработка диаграммы Ганта. Формирование бюджета затрат проекта
2. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Расчет экономических показателей по проекту

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Календарный план график
2. Бюджет проекта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM82	Чжан Бовэнь		

Введение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется в большей степени коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске спонсоров для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Сейчас машиностроение – одна из движущих отраслей промышленности. От уровня развития этой отрасли зависит прогресс в целом. Технический прогресс в отрасли машиностроения характеризуется не только улучшением конструкций машин, но и циклическим улучшением технологии их производства. Очень важно качественно, дешево и в заданные плановые сроки с минимальными затратами живого и овеществленного труда изготовить машину, применив высокопроизводительное оборудование, технологическую оснастку, средства механизации и автоматизации производственного процесса. От выбранной технологии производства во многом зависит качество работы выпускаемых машин, а также более низкие экономические затраты на их эксплуатацию.

Оправданное применение прогрессивного оборудования и инструмента способно привести к значительному снижению себестоимости продукции и трудоёмкости её производства. К таким же результатам может привести и использование совершенных методов обработки деталей.

Улучшение технических параметров относительно предыдущих разработок, безусловно, важно, но коммерческая привлекательность научного исследования зависит от востребованности продукта рынком, его цены, бюджета, времени выхода на рынок.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

4.1. Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

4.1.1. План проекта

При подготовке исполнения конкретного проекта важно правильно планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

В данном пункте составляется полный перечень проводимых работ, определяются их исполнители и рациональная продолжительность. Наглядным результатом планирования работ является сетевой, либо линейный график реализации проекта. Так как число исполнителей редко превышает двух (степень распараллеливания всего комплекса работ незначительна) в большинстве случаев предпочтительным является линейный график. Для его построения хронологически упорядоченные вышеуказанные данные должны быть сведены в таблицу типа приведенной в таблицу 4.

Таблица 4 – Перечень работ

№	Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
1	Получение темы диссертационного исследования	Руководитель	НР–100%
2	Исследование академических задач. Определить направление исследований	Руководитель студент	НР–100% С-50%
3	Определение последовательности и сроков выполнения задачи	Руководитель, студент	НР – 100% С – 40%
4	Изучение академической литературы по дорнованию обработки	студент	С – 100%
5	Исследование и изучение программного обеспечения для моделирования обработки ANSYS	студент	С – 100%
6	Использование ANSYS для моделирования процесса обработки и получения данных прогноза	Руководитель, Студент	НР – 50% С – 100%
7	Выбор материала заготовки, подготовка заготовки и выбор типа токарного инструмента	Руководитель, Студент	НР – 100% С – 100%
8	Проектирование приспособления для дорнования обработки	Руководитель, студент	НР – 30% С – 100%

№	Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
9	Проведение экспериментов, анализ и получение экспериментальных данных	Руководитель, Студент	НР–100% С – 100%
10	Анализ и сравнение экспериментальных данных с данными моделирования ANSYS	Руководитель, студент	НР – 40% С – 100%
11	Объяснение экспериментальных шагов и принципов в деталях	Студент	С – 100%
12	Подготовка выводов на основе экспериментальных результатов и экспериментальных явлений	студент	С – 100%
13	Написание диссертации	студент	С – 100%

Ожидаемая продолжительность этапов работ $t_{ож}$ рассчитывается по формуле

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5},$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

Для примера рассчитаем этап работы №3 – определение последовательности и сроков выполнения задачи. Минимальное время выполнения t_{min} равняется трём, максимальное t_{max} пяти дням (Таблица 5).

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \text{ дн}$$

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{рд}$) ведется по формуле:

$$T_{рд} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} \cdot K_{д}$$

где $t_{ож}$ – ожидаемая продолжительность работы, дн.;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, принимаем $K_{вн} = 1$;

K_d – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_d = 1 \div 1,2$; принимаем $K_d = 1,2$).

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_d = \frac{1,4}{1} \cdot 1,2 = 1,68 \text{ дн};$$

Так как загрузка научного руководителя составляет 100%, в таблицу заносится значение $T_{РД} = 1,68$. Загрузка студента равна 20%, то есть

$$T_{РД} = 1,68 \cdot 0,2 = 0,34$$

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_K$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

T_K – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и для шестидневной рабочей недели рассчитываемый по формуле

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}},$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 10$).

$$T_K = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205$$

Продолжительность этапа в календарных днях для научного руководителя и студента соответственно:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_K = 1,68 \cdot 1,205 = 2,02 \text{ дн};$$

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_K = 0,34 \cdot 1,205 = 0,4 \text{ дн}.$$

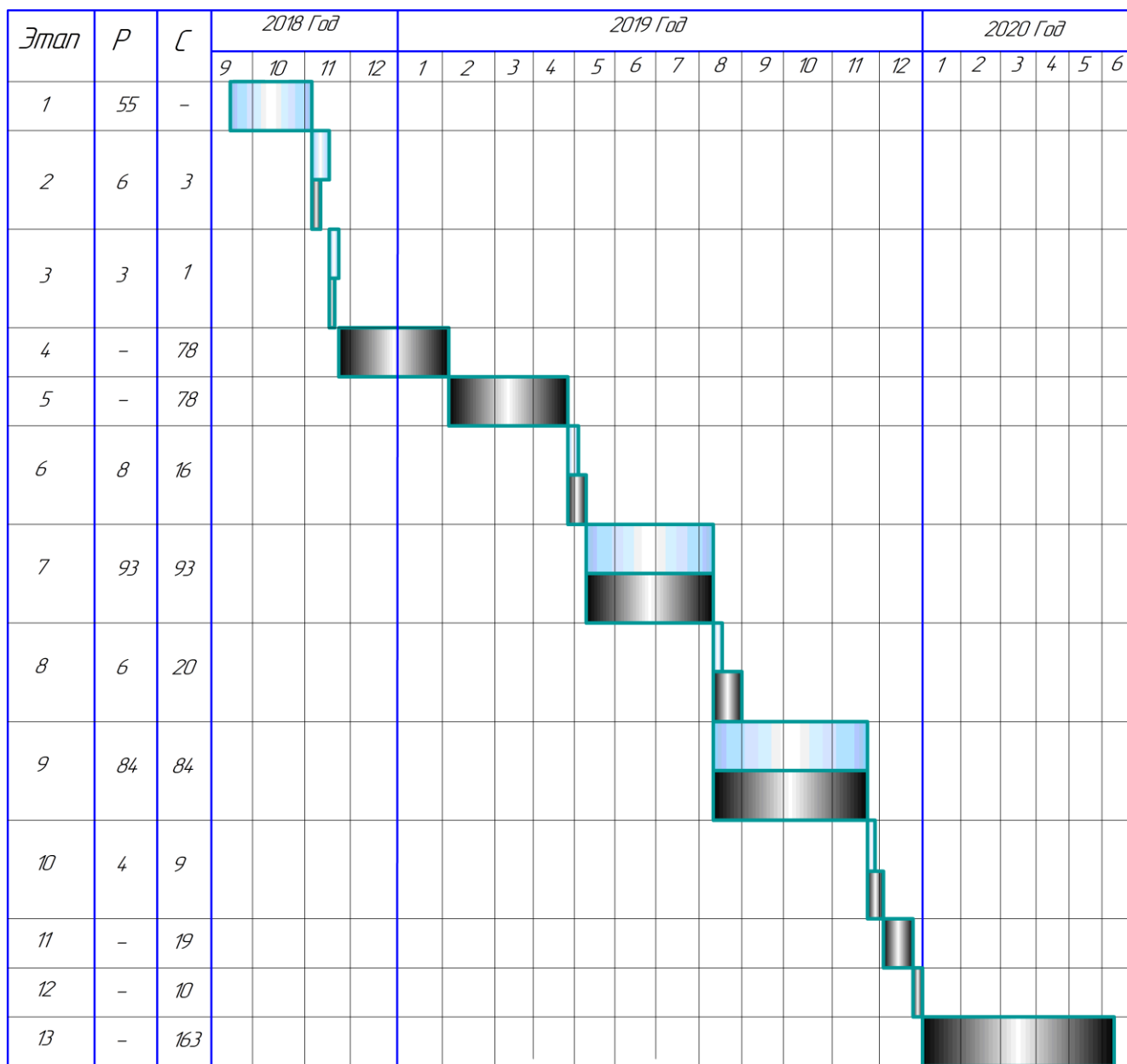
Данные о продолжительности остальных этапов приведены в таблице 6.


Таблица 5 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполни тели	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.				Дата начала работ	Дата окончания работ
					T_{PD}		T_{KD}			
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И		
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Получение темы диссертационн ого исследования	Р	30	50	38	45,6	-	55	-	15.09.2018	09.11.2018
Исследование академических задач. Определить направление исследований	Р, С	3	6	4,2	5,04	2,52	6	3	09.11.2018	15.11.2018
Определение последовательности и сроков выполнения задачи	Р, С	1	3	1,8	2,16	0,86	3	1	15.11.2018	18.11.2018
Изучение академической литературы по дорнованию обработки	С	50	60	54	-	64,8	-	78	18.11.2018	04.02.2019
ЈМИсследование и изучение программного обеспечения для моделирования обработки	С	50	60	54	-	64,8	-	78	04.02.2019	23.04.2019
Использование ANSYS для моделирования процесса обработки и получения данных прогноза	Р,С	7	10	8,2	6,56	13,12	8	16	23.04.2019	09.05.2019

Этап	Исполни тели	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.				Дата начала работ	Дата окончания работ
					T_{PD}		T_{KD}			
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И		
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Выбор материала заготовки, подготовка заготовки и выбор типа токарного инструмента.тип токарного инструмента.	Р,С	60	70	64	76,8	76,8	93	93	09.05.2019	10.08.2019
Проектирование приспособления для дорнования обработки	Р,С	10	20	14	5,04	16,8	6	20	10.08.2019	30.08.2019
Проведение экспериментов, анализ и получение экспериментальных данных	Р,С	50	70	58	69,6	69,6	84	84	30.08.2019	22.11.2019
Анализи сравнение экспериментальных данных с данными моделирования ANSYS	Р,С	5	8	6,2	2,98	7,44	4	9	22.11.2019	01.12.2019
Объяснение экспериментальных шагов и принципов в деталях	С	10	18	13,2	-	15,84	-	19	01.12.2019	20.12.2019
Подготовка выводов на основе экспериментальных результатов и экспериментальных явлений	С	5	10	7	-	8,4	-	10	20.12.2019	30.12.2019
Написание диссертации	С	100	130	108	-	135,26	-	163	30.12.2019	10.06.2020
Итого:				430,6	213,78	476,24	259	574		

Таблица 6 – Линейный график рабо



 — С.

 — Р.

4.2. Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

4.2.1. Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Для выполнения пункта 6 и 7 (таблица 7) необходимо приобрести материал для измерения остаточная напрядения при дорнования отверстия, которыми являются специальное приспособление и заготовки. Кроме того статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Расчёт затрат на материалы представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Расчёт затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Заготовка (прокат круглый)	60 руб/кг	500мм ~3,15 кг	189
инструмент ДОРН	4500	1	3800
Приспособление для дорнования	6700	1	5000
Всего за материалы			8989
Транспортно-заготовительные расходы			500
Итого:			9438,45

Допустим, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны:

$$C_{\text{мат}} = 8989 \cdot 1,05 = 9438,45 \text{руб}$$

4.2.2. Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и исполнителя (в его роли выступает студент), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Величины месячных окладов (МО) для сотрудников ТПУ можно получить на его портале (*Главная → Структура ТПУ → Управление первого проректора → Планово-финансовый отдел → Регламентирующие документы*) или из приложения 1. Оклад инженера принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации в организации, где исполнитель проходил преддипломную практику. При отсутствии такового берется оклад инженера собственной кафедры (лаборатории).

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \text{МО} / 25,083$$

учитывающей, что в году 301 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 25,083 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе) .

Пример расчета затрат на полную заработную плату приведены в таблице 8. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из

таблицы 5. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{ПР} = 1,1$; $K_{доп.ЗП} = 1,188$; $K_{р} = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{и} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$. Вышеуказанное значение $K_{доп.ЗП}$ применяется при шестидневной рабочей неделе, при пятидневной оно равно 1,113, соответственно в этом случае $K_{и} = 1,62$.

Таблица 8

Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	33560	1337,96	214	1,699	486463,52
И	15780	629,11	476	1,62	485119,30
Итого:					971582,82

4.2.3. Расчет затрат социальные отчисления во внебюджетные фонды

Отчисления во внебюджетные фонды включают в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование и составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{соц.} = C_{зп} * 0,3$. Итак, в нашем случае:

$$C_{соц.} = 971582,82 * 0,3 = 291474,84 \text{ руб.}$$

4.2.4. Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{эл.об.} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot Ц_{э}$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{э}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{об}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $Ц_{э} = 5,748 \text{ руб./кВт·час}$ (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 5 для

инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов:

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} * K_t,$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{\text{об}}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} * K_C$$

где $P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 9.

Таблица 9 Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{об}}$, кВт	Затраты Эоб, руб.
Персональный компьютер	1966,56*0,6	0,24	1627,75
Токарный станок	672	5,5	21244,608
Станок для лазерной резки	672	15	57939,84
Микроскопе УИМ-21	672	1	3862,66
Итого:			85674,858

4.2.5 Расчет амортизационных расходов

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования. Так как необходимое оборудование имеется на кафедре, его стоимость

учитывается в виде амортизационных отчислений.

Используется формула:

$$C_{AM} = \frac{H_A \cdot C_{OB} \cdot t_{pф} \cdot n}{F_D}$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

C_{OB} – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку C_{AM} .

$t_{pф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

При использовании нескольких типов оборудования расчет по формуле делается соответствующее число раз, затем результаты суммируются.

Сроки амортизации (C_A) персонального компьютера варьируются от 3 до 5 лет.

Возьмем конкретное значение $C_A=3.5$ года, тогда $H_A = \frac{1}{C_A} = 0,3$.

$$F_D = 356 \cdot 8 = 2848.$$

Балансовая стоимость единицы оборудования с учётом ТЗР:

$$C_{OB} = 78000 \text{руб.}$$

Фактическое время работы оборудования:

$$t_{pф} = 1966,56 \text{ч.}$$

Тогда для ПК амортизация равна:

$$C_{AM} = \frac{0,3 \cdot 78000 \cdot 1966,56 \cdot 1}{2848} = 16157,83 \text{ руб}$$

Сроки амортизации (C_A) токарного станка с ЧПУ варьируются от 9 до 11 лет.

Возьмем конкретное значение $C_A=10$ лет, тогда $H_A = \frac{1}{C_A} = 0,1$

Действительный годовой фонд времени работы берётся:

$$F_D = 2848 \text{ ч.}$$

Точный токарный станок V-Turn 410/1500 - цена 18 880 Евро.. Балансовая стоимость единицы оборудования с учётом ТЗР:

$$Ц_{ОБ} = 1386700 \text{ руб}$$

Фактическое время работы оборудования:

$$t_{рф} = 672 \text{ ч}$$

Тогда для станка с ЧПУ амортизация равна:

$$C_{AM} = \frac{0,1 \cdot 1386700 \cdot 672 \cdot 1}{2848} = 32719,89 \text{ руб}$$

Сроки амортизации (C_A) Лазерный станок с ЧПУ варьируются от 7 до 10 лет.

Возьмем конкретное значение $C_A=8$ лет, тогда $H_A = \frac{1}{C_A} = 0,125$

Действительный годовой фонд времени работы берётся:

$$F_D = 2848 \text{ ч.}$$

Лазерный станок с ЧПУ DK7725 (Китай) - цена 25000 юаней. Балансовая стоимость единицы оборудования с учётом ТЗР:

$$Ц_{ОБ} = 264000 \text{ руб}$$

Фактическое время работы оборудования:

$$t_{рф} = 672 \text{ ч}$$

Тогда для станка с ЧПУ амортизация равна:

$$C_{AM} = \frac{0,125 \cdot 264000 \cdot 672 \cdot 1}{2848} = 7786,52 \text{ руб}$$

Сроки амортизации (C_A) Микроскопе УИМ-21 варьируются от 5 до 7 лет. Возьмем

конкретное значение $C_A=5$ лет, тогда $H_A = \frac{1}{C_A} = 0,2$.

Действительный годовой фонд времени работы берётся:

$$F_{\text{д}} = 2848\text{ч}$$

Микроскопе УИМ-21- с учётом ТЗР:

$$\text{Ц}_{\text{об}} = 80000\text{руб}$$

Фактическое время работы оборудования:

$$t_{\text{рф}} = 672\text{ч}$$

Тогда для КИМ амортизация равна:

$$C_{\text{ам}} = \frac{0,2 \cdot 80000 \cdot 672 \cdot 1}{2848} = 3775,28\text{руб}$$

Итого:

$$C_{\text{ам}} = 16157,83 + 32719,89 + 7786,52 + 3775,28 = 60439,52 \text{ руб}$$

4.2.6 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нп}}) \cdot 0,1$$

Для нашего примера это

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нп}}) \cdot 0,1 = (9438,45 + 971582,82 + 291474,84 + 85674,858 + 60439,52 + 0) \cdot 0,1 = 141861,05 \text{ руб.}$$

4.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта.

Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	9438,45
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	971582,82
Отчисления во внебюджетные фонды	$C_{\text{соц}}$	291474,84
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	85674,858
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	60439,52

Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	0
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	141861,05
Итого:		1560471,55

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 1560471,55$ руб.

4.2.8 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Если исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере $5 \div 20 \%$ от полной себестоимости проекта. В нашем примере она составляет **156047,16** руб. (10 %) от расходов на разработку проекта.

4.2.9 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(1560471,55 + 156047,16) * 0,2 = 343303,74$ руб.

4.2.10 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 1560471,55 + 156047,16 + 343303,74 = 2059822,45 \text{ руб.}$$

В данной работы провести оценку ее экономической эффективности не представляется возможным из-за отсутствия данных о масштабе и характере ее использования в производственной сфере.

Глава V

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Группа	ФИО
4AM82	Чжан Бовэнь

Школа	ИШНПТ	Отделение	Материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	«Машиностроение»

Тема ВКР:

Исследование напряженно-деформированного состояния толстостенных втулок после обработки дорнованием

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: Влияние радиуса внутреннего отверстия опоры на остаточное напряжение-деформацию Область применения: машиностроение
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) 2. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. 3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
2. Производственная безопасность 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1. Отклонение показателей микроклимата 2. Превышение уровня шума 3. Недостаточная освещенность 4. Эмоциональные нагрузки 5. Электробезопасность
3. Экологическая безопасность:	Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы) и литосферу (отходы).
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Пожарная безопасность

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин Александр Иванович	Доктор технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM82	Чжан Бовэнь		

Введение

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

В данной работе рассмотрены распределение остаточного напряжения на заготовке.

Рассматриваются на основе проведения эксперимента: Заготовки (Толстенный втулок) обрабатываются на опоре с различных радиусов внутренних отверстия, потом обработать на отрезной станком лазерного, чтобы наблюдать измеренное остаточное распределение напряжений и распределение остаточной деформации.

Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды: В лаборатории, где находится оргтехника могут быть следующие вредные факторы: а) некомфортные метеоусловия; б) вредные вещества; в) производственный шум; г) недостаточная освещенность.

Также необходимо учитывать возможность чрезвычайных ситуаций. Так как лаборатория находится в городе Томске, наиболее типичной ЧС является мороз. Так же, в связи с неспокойной ситуацией в мире, одной из возможных ЧС может быть диверсия.

5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства

Законодательство РФ об охране труда основывается на Конституции РФ и состоит из федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов субъектов РФ. Среди них можно выделить федеральный закон “Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний”.

За состоянием безопасности труда установлены строгие государственный, ведомственный и общественный надзор и контроль.

Результаты всех видов инструктажа заносят в специальные журналы. За нарушение всех видов законодательства по безопасности жизнедеятельности предусматривается следующая ответственность: дисциплинарная, административная, уголовная, материальная.

Рабочее место, хорошо приспособленное к трудовой деятельности работника, правильно и целесообразно организованное, в отношении пространства, формы, размера обеспечивает ему удобное положение при работе и высокую производительность труда при наименьшем физическом и психическом напряжении.

5.1.2.Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Под проектированием рабочего места понимается целесообразное пространственное размещение в горизонтальной и вертикальной плоскостях функционально взаимосвязанных средств производства необходимых для осуществления трудового процесса.

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям

Рабочее место располагается на аудитория 103, на первом этаже, 16 «а» корпуса НИ ТПУ, Улица корпова 4, помещение представляет собой комнату размером 10 м на 7 м, высотой 3 м, 4 окон выходящих на север, Всего 6 лампочек, в помещении находится 4 станка(2 фрезерный станок с ЧПУ, 1 токарный станок и 1 Электроэрозионный станок, каждый станок может вместить две позиции. В аудитория могут разместиться до 10 человек.

При проектировании рабочих мест должны быть учтены освещенность, температура, влажность, давление, шум, наличие вредных веществ, электромагнитных полей и другие санитарно-гигиенические требования к организации рабочих мест.

Необходимыми требованиями являются обеспечение условий для безопасного ведения работ, соблюдение норм и правил техники безопасности, правил работы с электрооборудованием. Необходимо следить за концентрацией вредных веществ в

воздухе, исправностью проводки, изоляции кабелей и пр., чтобы не допустить возникновения пожароопасных и взрывоопасных ситуаций.

При проектировании лаборатории необходимо уделить внимание и охране окружающей среды, а в частности, организации безотходного производства.

5.2.Производственная безопасность

В данном пункте рассматриваются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований.

5.2.1.Анализ условий труда на рабочем месте

Производственным риском считать опасные и вредные производственные факторы, воздействующие на человека. В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого решения.

Для идентификации потенциальных факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды необходимо представить в виде таблицы 10.

Работа по изготовлению заготовки проводилась на металлообрабатывающем оборудовании, а по измерению – на координатно- измерительной машине:

- 1) Точный токарный станок V-Turn 410/1500
- 2) Координатно-измерительная машина Coord3 модель EOS.

При работе с обеими машинами существуют ряд вредных и опасных факторов:

Таблица 2.1. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003- 2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Раз р	Изг от	Экс	

1. Анализ показателей шума и вибрации	+	+	+	ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие
2. Анализ показателей микроклимата;		+	+	требования безопасности. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
3. Анализ освещенности рабочей зоны;	+	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
4. Анализ электробезопасности;	+	+	+	ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
5. Эмоциональные нагрузки;		+	+	

5.2.2. Анализ опасных и вредных производственных факторов

Физическим опасным фактором на рабочем месте оператора ПК является опасность поражения электрическим током, отклонение показателей микроклимата в помещении, повышенный уровень шума на рабочем месте, недостаточная освещенность рабочей зоны.

5.2.3. Анализ показателей шума и вибрации

В рабочем помещении должны соблюдаться нормы уровня шума согласно СН2.2.4/2.1.8.562-96.

Источником шума в рассматриваемом рабочем пространстве является токарный обрабатывающий центр, а также пневмопистолет для подачи воздуха под давлением.

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в ГОСТ 12.1.003–83.

Таблица 2.2

Категория напряженности	Категория тяжести трудового процесса				
трудового процесса	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
легкой степени	80	80	75	75	75

Если уровень шума на работе превышает 70-80 дБ необходимо использовать индивидуальные средства защиты (беруши, специальные наушники). Методы и

средства коллективной защиты в зависимости от способа реализации подразделяются на:

акустические (звукоизолирующие кожухи, кабины, акустические экраны, выгородки, звукопоглощающие облицовки, объемные поглотители звука и др.). Физическая сущность звукоизолирующих преград состоит в том, что наибольшая часть звуковой энергии отражается от специально выполненных массивных ограждений из плотных твердых материалов (металла, дерева, пластмасс, бетона и др.) и только незначительная часть проникает через ограждение. Уменьшение шума в звукопоглощающих преградах обусловлено переходом колебательной энергии в тепловую благодаря внутреннему трению в звукопоглощающих материалах. Хорошие звукопоглощающие свойства имеют легкие и пористые материалы (минеральный войлок, стекловата, поролон и т.п.).

Для уменьшения воздействия неблагоприятных шумовых эффектов, рабочим следует использовать беруши, наушники.

Так же в обеденный перерыв обязательно нужно покидать рабочее место и отправляться в более тихое место, чтобы слух немного отдохнул и адаптировался к нормальному уровню громкости. Не реже 1 раза в год (или в полгода, если уровень шума очень высокий) проверять слух у врача-оториноларинголога, следует уловить момент ухудшения и принять меры.

5.2.4. Анализ показателей микроклимата

Состояние микроклимата на механическом участке должна соответствовать допустимым нормам по ГОСТ 12.1.005-88. Метеорологические условия в производственных условиях определяются следующими параметрами:

- температура воздуха t , °C;
- относительная влажность воздуха ϕ , %;
- скорость движения воздуха на рабочем месте v , м/с.

Движение воздуха в помещениях – это важный фактор, влияющий на тепловое самочувствие человека. Движение воздуха оказывает различное действие на организм в тёплый и холодный период года. Так, в жарком помещении оно улучшает состояние

организма, так как способствует увеличению отдачи теплоты, но при низкой температуре оказывает неблагоприятное воздействие. Можно сделать вывод, что для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам к операторам, относится к категории средних работ, 2б – работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Результаты замеров микроклимата

Период года	Категория работ	Температура, С°		Влажность, %		Скорость воздуха, м/с	
		Фактич.	Допуст.	Фактич.	Допуст.	Фактич.	Допуст.
Теплый	2б	21	18-27	62	65	0,16	0,2
Холодный	2б	18	17-23	53	<75	0,1	0,2

В ходе работы необходимо соблюдать допустимые значения на следующие производственные метеоусловия – влажность воздуха на рабочем месте, температура воздуха, скорость движения воздуха, а так же тепловые излучения. Указанные физические свойства воздуха на рабочем месте оказывают значительное влияние на протекание жизненных процессов в организме человека. Так, при неблагоприятном микроклимате (превышение или же занижение допустимых нормативных показателей указанных в СанПиН 2.2.4.548 – 96) снижается производительность труда и ухудшается здоровье работника.

Неблагоприятные условия вызывают перенапряжение механизма терморегуляции, что приводит к перегреву или переохлаждению. Нарушениями механизма терморегуляции являются:

- Повышенная утомляемость;
- Снижение его производительности труда;
- Повышенный риск простудных и сердечных заболеваний.

Для профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата должны быть использованы защитные мероприятия. Например, такие как системы местного

кондиционирования воздуха, применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), регламент времени работы и т.д.

К числу СИЗ от неблагоприятных климатических условий относят спецодежду, спецобувь, средства защиты рук, головные уборы.

5.2.5. Анализ освещенности рабочей зоны

Согласно СНиП 23-05-95 в лаборатории, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 150 Лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда. На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

В цехе используются светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40 дл

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 10$ м, ширина $B = 7$ м, высота $= 3,5$ м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1$ м.

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами без штор $\rho_c = 70\%$, чистого бетонного потолка $\rho_p = 50\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений со средним выделением пыли равен $K_z = 1,5$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z = 1,1$.

Выбираем лампу ЛХБ-40, световой поток которой равен $\Phi_{лд} = 2700$ лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1227 мм, ширина – 265 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda = 1,2$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле 5.1:

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2 \text{ м.} \quad (5.1)$$

Индекс помещения определяется по формуле 5.2:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{10 \cdot 7}{2 \cdot (10 + 7)} = 2,05 \quad (5.2)$$

Коэффициент использования светового потока $\eta = 0,52$.

Потребные группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле 5.3:

$$n = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{\Phi \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 10 \cdot 7 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2700 \cdot 0,52} = 12,3 \approx 12 \text{ ламп} \quad (5.3)$$

Общее число ламп: $n=12$. В каждом светильнике по две лампы, следовательно, число светильников = 6 шт.

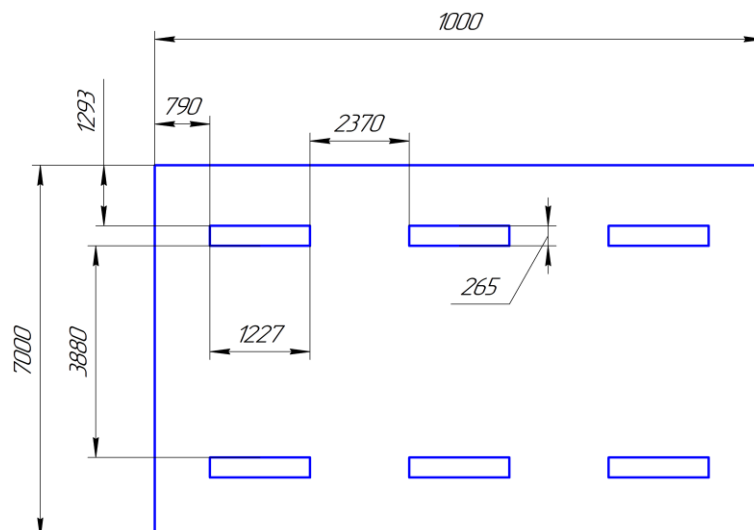


Рисунок 2.1 – План размещения светильников в помещении

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле 5.4:

$$\frac{2}{3}L_1 + 2L_1 + 3 * 1227 = 10000 \text{ мм} \quad (5.4)$$

$$L_1 = 2370 \text{ мм}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле 5.5:

$$\frac{2}{3}L_2 + L_2 + 2 * 265 = 7000 \text{ мм} \quad (5.5)$$

$$L_2 = 3880 \text{ мм}$$

Расчет светового потока группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле 5.6:

$$\Phi_p = \frac{E * A * B * K_3 * Z}{n * \eta} = \frac{150 * 10 * 7 * 1,5 * 1,1}{12 * 0,52} = 2776 \text{ лм} \quad (5.6)$$

Проверяем выполнение условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{2700 - 2776}{2700} * 100 = -2,81 \approx -3\%$$

$-10\% \leq -3\% \leq 20\%$ ~~ условие выполнено.

5.2.6. Анализ пожарной безопасности

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д. К категории Д относятся помещения, в которых находятся (обращаются) негорючие вещества и материалы в холодном состоянии. Аудитория, в которой проводилась работа над ВКР, относится к категории опасности помещений – В3.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к эвакуационному выходу (рис. 2.2).

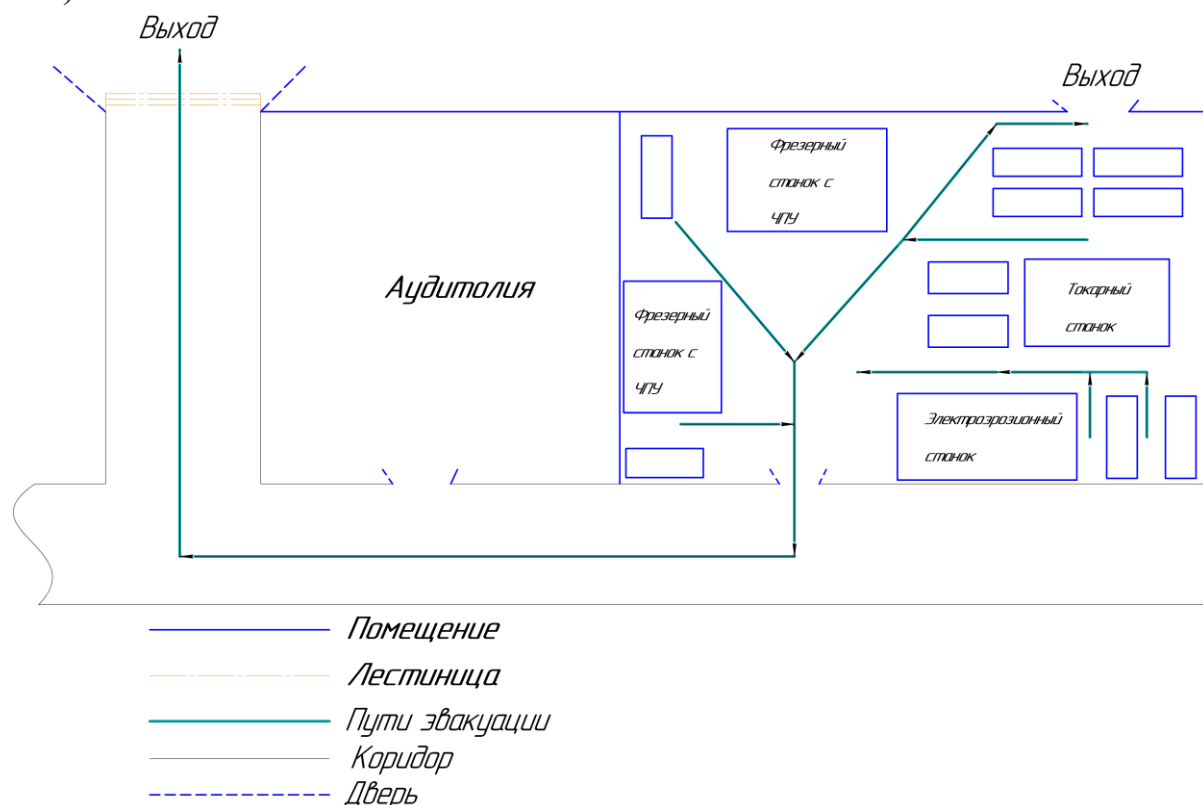


Рисунок 2.2 – План эвакуации аудитории 103 (на первом этаже)

Предусмотренные средства пожаротушения (согласно требованиям противопожарной безопасности, СНиП 2.01.02-85 [10]): огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран с рукавом. Кроме того, каждое помещение оборудовано системой противопожарной сигнализации.

Алгоритм разрабатывался на ПК. Каждые 30 минут, после включения ПК, происходит сохранение всей информации в облачном сервере, при помощи интернет соедин.

5.2.7. Анализ эмоциональные нагрузки

Эмоциональные нагрузки определяются тремя параметрами:

- степенью ответственности за результат собственной деятельности;
- степенью риска для собственной жизни;
- ответственностью за безопасность других лиц.

Практика аттестации рабочих мест показывает, что оценка всех трех параметров происходит в соответствии с профессией без каких-либо дополнительных измерений, что в данном случае является наилучшим выбором, чем проведение крайне субъективных оценок непрофильными специалистами. Проблема эмоциональных нагрузок не может исчерпываться тремя показателями и требует профессиональных методик оценки, которые должны разрабатываться специалистами в области социальной психологии, психологии труда, психологии мотивации и эмоций и т.д.

Степень ответственности за результат собственной деятельности, значимость ошибки указывает, в какой мере работник может влиять на результат собственного труда при различных уровнях сложности осуществляемой деятельности. С возрастанием сложности повышается степень ответственности, поскольку ошибочные действия приводят к дополнительным усилиям со стороны работника или всего коллектива, что соответственно приводит к увеличению эмоционального напряжения.

С эмоциональными нагрузками помогает справиться психолог и свести их к минимуму.

5.2.8. Анализ электробезопасности

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока. В зависимости от индивидуальных показателей человека (масса, рост, строение тела, пол, род занятий), его физического состояния (болезнь, наличие состояния алкогольного опьянения), параметров протекающего тока (сила тока и его частота), состояния окружающей среды зависит

поражающее воздействие на организм. Одним из наиболее опасных параметров являются переменный ток с частотой от 10 до 120 Гц. Наиболее безопасным напряжением для человека является до 12 В, условно безопасным до 36 В. Опасной величиной считается ток, более 1 мА, а смертельным более 100 мА. В аудитории проходит безопасное для человека напряжение, что соответствует ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. [8]

Аудитория относится к помещению без повышенной опасности поражения электрическим током. Это сухое помещение, пол покрыт изоляционным материалом. Влажность воздуха не превышает 75%, отсутствует токопроводящая пыль, температура не превышает 35°C. В помещении применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте.

Согласно требованиям «Правил устройства электроустановок», утвержденных Госэнергонадзором от 12.04.2003, аудитория оборудована следующим образом:

1. на распределительном щитке имеется рубильник для отключения общей сети электропитания;
2. во всех приборах имеются предохранители для защиты от перегрузок в общей сети питания и защиты сети при неисправности прибора.

Основными техническими средствами защиты человека от поражения электрическим током, используемыми отдельно или в сочетании друг с другом, являются: защитное заземление, защитное зануление, защитное отключение, электрическое разделение сети, малое напряжение, электрозащитные средства, уравнивание потенциалов, двойная изоляция, предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности.

5.3. Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду.

Экологическая безопасность – это допустимый уровень негативного воздействия со стороны природных и антропогенных факторов экологической опасности на окружающую среду и человека.

Образование отходов является неотъемлемой частью производственных процессов. Отходы загрязняют окружающую среду и образуют высокие концентрации токсичных веществ.

Решения по обеспечению экологической безопасности:

1. для литосферы – вывоз твердых бытовых отходов, с последующей переработкой;
2. для атмосферы – проведение ежедневной влажной уборки на рабочем месте и проветривание помещения.

В аудитории, где проводилась основная работа над ВКР, источником загрязнения окружающей среды являются люминесцентные лампы, с помощью которых реализовано освещение. В трубках люминесцентных ламп содержится от 3 до 5 мг ртути. ЛЛ относятся к первому классу токсичных отходов и являются чрезвычайно опасными, они требуют специальной утилизации.

Для обеспечения экологической безопасности возможны пути решения проблем в соответствии с ГОСТ Р 14.01-2005. [11]

Для перехода к безотходного производства необходимо осуществлять все работы в электронном виде, без использования принтеров соответственно бумаги.

Нужно позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для бумаги, стекла, металлических частей, пластика.

Необходимо утилизировать средства освещения. Все известные сегодня способы утилизации люминесцентных ламп очень трудоемки, опасны, энергозатратны и экономически нецелесообразны: стоимость подобной операции практически сравнима со стоимостью новой лампы. Специальный химический раствор позволяет полностью удалить все опасные компоненты люминофорного слоя

со стекла, и после дальнейшей переработки, использовать их повторно, как, впрочем, и само стекло.

5.4.Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Исследование проводилось в городе Томск с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют. Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия. [9]

В зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные газовые обогреватели с катализаторами. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. В случае обрыва линий электропередач должны быть предусмотрены электрогенераторы, которые и будем использовать для электрообогревателей и другого вида оборудования. Нужно иметь запасы воды для сотрудников и для технических нужд. Заключить договоры с транспортными коМПаниями, что переложит ответственность в случае ЧС на них.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности. Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

Выводы по разделу:

В данном разделе были рассмотрены различные виды вредного воздействия на человека и окружающую среду, способы их уменьшения.

В разделе производственная безопасность были изучены вопросы безопасности, рассмотрены вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке. К таким вредным воздействиям на организм человека относятся: шум, недостаток освещённости, эмоциональные нагрузки, электробезопасность, отклонения от благоприятного микроклимата. Аудитория, в которой проводилась работа, соответствует как нормам безопасности, так вредным и опасным факторам. Так же для обеспечения безопасности при производстве проводятся мероприятия:

- постоянный контроль за состоянием воздушной среды производственных;
- регулярные медицинские осмотры;
- соблюдение требований безопасности труда к освещенности помещения, отоплению, вентиляции (система вытяжной вентиляции), кондиционированию воздуха;
- доступ к системе водоснабжения, сан.узлу;
- регламентированные перерывы в работе на обед и на отдых;
- оборудованное помещение для отдыха работников, оснащенное необходимой мебелью (стулья, кресла, столы);
- доступ к питьевой воде.

В подразделе экологическая безопасность рассмотрен характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду, указаны опасные и вредные производственные факторы, а также методы борьбы с ними. Для устранения бытовых отходов отдельные контейнеры, предложен способ утилизации люминесцентных ламп

В подразделе безопасность в чрезвычайных ситуациях приведены возможные ЧС на рабочем месте, предусмотрены мероприятия по устойчивости работы.

Законодательные акты

1. ОСТ 54 30013-83 Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности
2. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
3. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)».
4. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
6. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
7. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
8. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
9. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
10. ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности.
11. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха
12. ГОСТ 30775-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
13. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.
14. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

Список используемых источников

1. Кожевников Д.В. Современная технология и инструмент для обработки глубоких отверстий. – М.: НИИмаш, 1981. – 60 с
2. Арляпов А.Ю., Ватолин А.В., Охотин И.С., Скворцов В.Ф. Универсальное приспособление для дорнования глубоких отверстий малого диаметра // Новые материалы, неразрушающий контроль и наукоемкие технологии в машиностроении: материалы IV международной научнотехнической конференции – Тюмень, ТюмГНГУ, 2008, Т. 1. – С. 6–8.
3. Скворцов В.Ф., Арляпов А.Ю. Дорнование глубоких отверстий малого диаметра. Монография. 2005 г.
4. Проскуряков Ю.Г., Шельвинский Г.И. Дорнование цилиндрических отверстий с большими натягами. – Ростов: Издательство Ростовского университета, 1982. – 168 с.
5. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.
6. Проскуряков Ю.Г. Технология упрочняюще-калибрующей и формообразующей обработки металлов. – М.: Машиностроение, 1971. – 208 с.
7. Розенберг А.М., Розенберг О.А., Посвятенко Э.К. и др. Расчет и проектирование твердосплавных деформирующих протяжек и процесса протягивания. – Киев: Наук. думка, 1978. – 256 с.
8. Розенберг А.М., Розенберг О.А. Механика пластического деформирования в процессах резания и деформирующего протягивания. – Киев: Наук. думка, 1990. – 320 с.
9. Скворцов В.Ф., Арляпов А.Ю. Дорнование глубоких отверстий малого диаметра. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 92 с.

Modeling of the stress-strain state of thick-walled bushings after processing(cold expansion) by mandrels

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM82	Чжан Бовэнь		

Консультант отделения материаловедения ИШНПТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бознак Алексей Олегович	Кандидат технических наук, доцент		

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кобзева Надежда Александровна			

6.Modeling of the stress-strain state of thick-walled bushings after processing(cold expansion) by mandrels

6.1. Introduction

At present, in the cold expansion technology, its application is widely in the field of aviation. Our current military and civil aircraft's fastening holes are required to be strengthened, the cold expansion has a significant strengthening effect on these fastening holes. Therefore, cold expansion is an important part of this technology. After years of exploration and research, the manufacture of split sleeve has become increasingly in foreign country. At present, some researchs have been done on the preparation technology of cold expaion.

In this paper, A method with combination of experimental and finite element is adopted to research on stress-strain state of thick-walled bushings after processing by cold expansion

Keywords: cold expansion, Finite element analysis, cold plasic deformation

6.2.Cold expansion

Cold expansion fights metal fatigue (hence the name Fatigue Technology). The weakest part of the metal is where the holes are drilled to hold fasteners, bushings and fittings. These holes are usually the starting point for cracks to form.Cold expansion shields the hole from these forces by creating what is called a “zone of residual compressive stress” around it (image below). The residual stresses created by cold expansion significantly increase fatigue life by reducing the stress intensity factor and crack growth life by reducing the applied stress ratio at the hole. The magnitude of the peak residual compressive circumferential stress is about equal to the compressive yield stress for the material. The compressive stress zone spans one radius to one diameter from the edge of the hole, for diameters up to 1/2 inch for most materials. A balancing zone of tensile stresses lies beyond the circumferential compressive stress zone.

Cold Expansion is used on almost every commercial and military aircraft in the world due to the proven solution of crack growth and the long term benefits to both the structures fatigue life and the cost savings in installation and maintenance. The Cold Expansion method is also used to install rivetless nut plates, blind fasteners, bushings, liners, and fittings in both metal and composite applications.

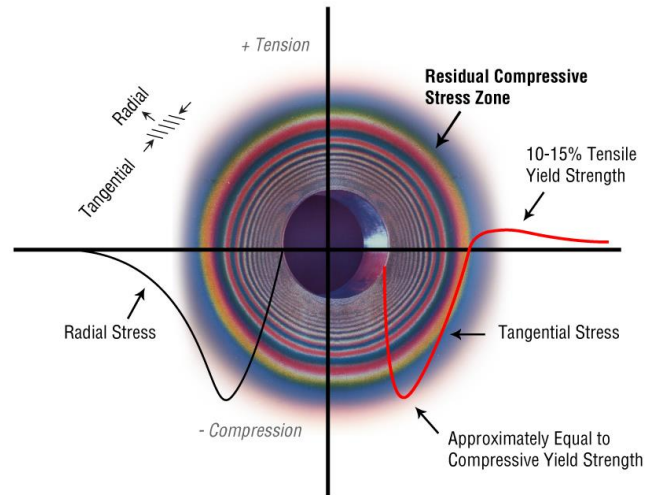


Figure 1.1. Description of the principle cold expansion

6.3. Cold expansion process and structure of dorn

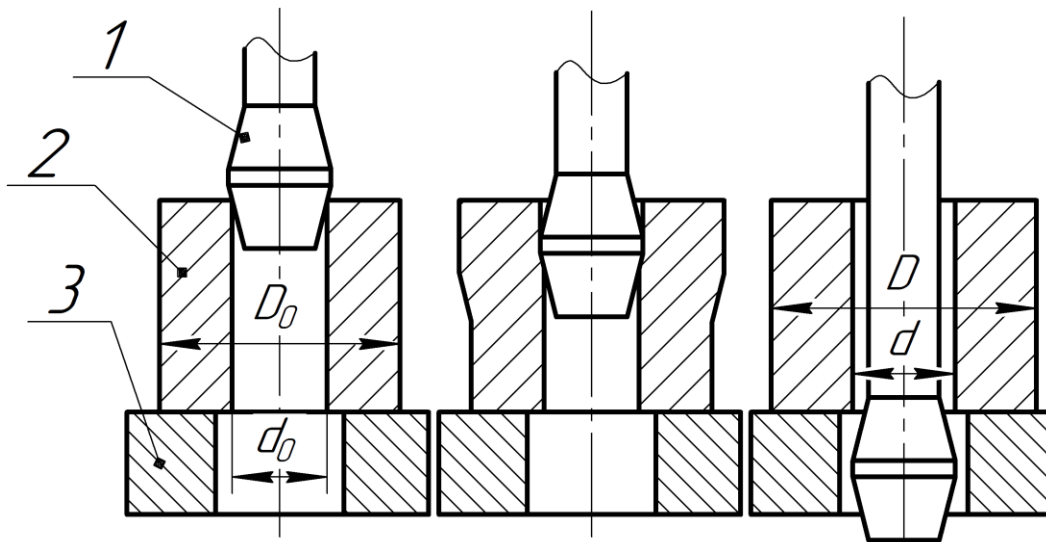


Figure 1.2 — Diagram of the process of cold expansion a hole with a support (1 — Dorn; 2—work piece; 3 — Support plane; d_0 — inner diameter of the workpiece; D_0 — outer diameter of the workpiece; d — inner diameter of the workpiece after cold expansion; D — outer diameter of the workpiece after cold expansion)

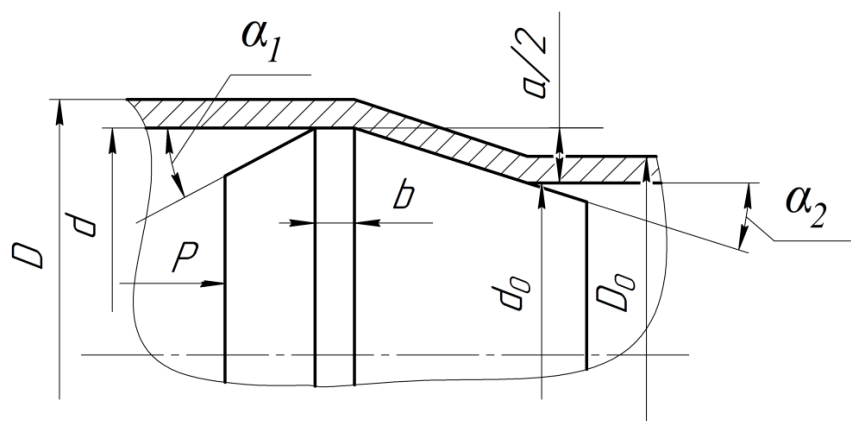


Figure 1.3 — Diagram of the parameters of the hole cold expansion process (P — Compression of the force; D — External diameter of the workpiece after expansion; d — Internal diameter of the workpiece after expansion (diameter of the dorn); D0 — External diameter of the workpiece before expansion; d0 — Internal diameter of the workpiece before expansion ; b — width of the cylindrical ribbon; α_1 -back corners of the dorn; α_2 — front angles of the mandrel; a — absolute interference on the dorn)

The practice of operating various equipment shows that the destruction of parts usually begins with the surface layer. The surface layers are subject to the greatest stresses, are constantly in contact with aggressive media (gases, liquids), the surface layer is worn, risks, scratches, and occur corrosion. Therefore, in the manufacture of parts, it is necessary to apply technological methods that form surface layers that provide the greatest durability of the parts. Such methods include surface plastic deformation (PPD).

One of the methods for finishing PPD is hole cold expansion. Burnishing is used to reduce roughness, increase accuracy, harden the surface layer and create residual compressive stresses in it. Cold expansion process consists in the fact that the tool (mandrel) is pushed or pulled through the machined hole, which is smaller in comparison with the calibrating mandrel (Fig.1.2) In the process of burnishing the workpieces, the stock is not removed from the hole, as during cutting, but partially moves towards the outer surface of the workpiece which leads to an increase in its outer and inner diameters.

Burning performed using a special tool that moves along the inner surface of the hole with a certain degree of interference allows you to solve the following problems:

1) Bringing the dimensions of the inner section of the workpiece in accordance with

the required values;

- 2) elimination of roughnesses present on the inner surface of the machined hole;
- 3) Improving the strength characteristics of the metal forming the inner surface of the hole.

6.4. forces and stresses of cold expansion

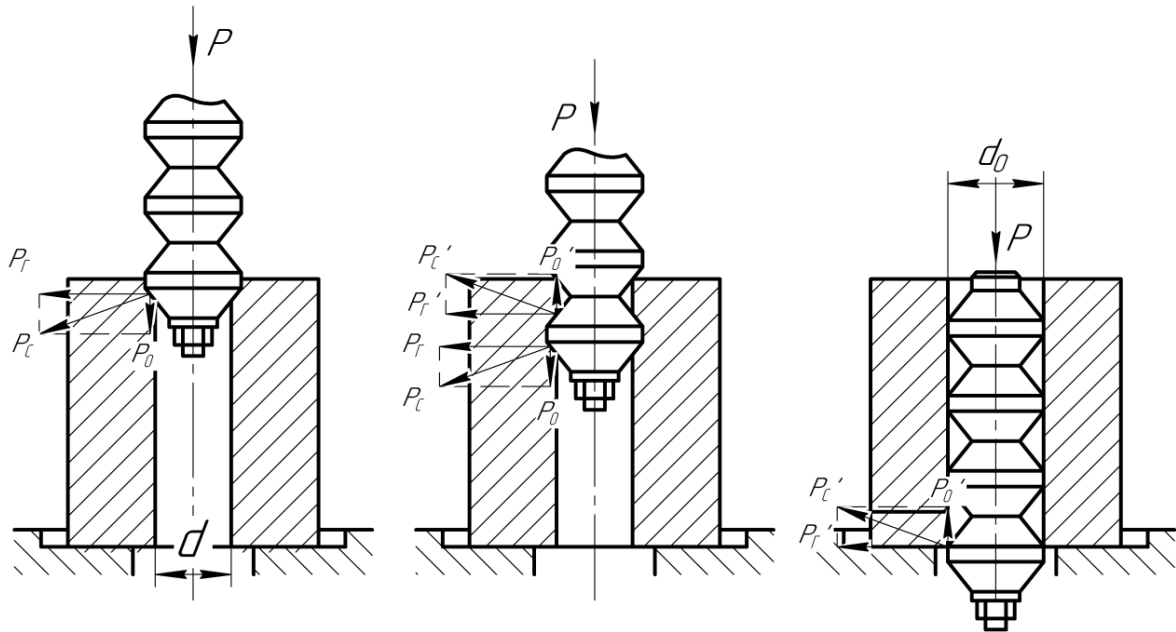


Figure 1.4-Effective forces during burnishing and the nature of the dependence of various types of work of deformation on the angle α of the intake cone of the dorn

(When cold expansion, the force applied to the tool is decomposed into axial and radial components)

By the force with which the turning is performed, we mean the forces that the tool exerts on the walls of the hole in the radial and axial directions. Using the force exerted by the tool in the radial direction, the cross section of the hole being machined is increased, and the force created by the mandrel in the direction of the axis of the workpiece allows you to remove the smallest irregularities from its inner surface.

Relative deformation, measured as a percentage, makes it possible to determine how much the outer diameter of the workpiece has changed during burning.